



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**TUGAS AKHIR - TL 141584**

# **PENGARUH VARIASI KOMPOSISI DAN UKURAN FILLER SERAT TEBU TERHADAP MORFOLOGI DAN SIFAT MEKANIK KOMPOSIT SBR/SERAT TEBU**

**M. AFZA NUR HAKIM**  
**NRP 2713 100 140**

**Dosen Pembimbing**  
**Sigit Tri Wicaksono, S.Si., M.Si., Ph.D.**  
**Wikan Jatimurti, S.T., M.Sc.**

**DEPARTEMEN TEKNIK MATERIAL**  
**Fakultas Teknologi Industri**  
**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**  
**Surabaya 2017**



**TUGAS AKHIR - TL 141584**

**PENGARUH VARIASI KOMPOSISI DAN  
UKURAN FILLER SERAT TEBU TERHADAP  
MORFOLOGI DAN SIFAT MEKANIK KOMPOSIT  
SBR/SERAT TEBU**

**M. AFZA NUR HAKIM**  
**NRP 2713 100 140**

**Dosen Pembimbing**  
**Sigit Tri Wicaksono, S.Si., M.Si., Ph.D.**  
**Wikan Jatimurti, S.T., M.Sc.**

**DEPARTEMEN TEKNIK MATERIAL**  
**Fakultas Teknologi Industri**  
**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**  
**Surabaya 2017**

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*



**FINAL PROJECT - TL 141584**

**EFFECT OF SUGAR CANE COMPOSITION  
VARIATION AND FILLER SIZE TOWARDS  
MORPHOLOGY AND MECHANICAL  
PROPERTIES OF SBR/SUGAR CANE FIBER  
COMPOSITE**

**M. AFZA NUR HAKIM**  
**NRP 2713 100 140**

**Dosen Pembimbing**  
**Sigit Tri Wicaksono, S.Si., M.Si., Ph.D.**  
**Wikan Jatimurti, S.T., M.Sc.**

**DEPARTEMEN TEKNIK MATERIAL**  
**Fakultas Teknologi Industri**  
**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**  
**Surabaya 2017**

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

**PENGARUH VARIASI KOMPOSISI DAN UKURAN  
FILLER SERAT TEBU TERHADAP MORFOLOGI DAN  
SIFAT MEKANIK KOMPOSIT SBR/SERAT TEBU**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Bidang Studi Material Inovatif  
Program Studi S-1 Departemen Teknik Material  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**M. AFZA NUR HAKIM**

NRP. 2713 100 140

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

Sigit Tri W., S.Si., M.Si., Ph.D. .... (Pembimbing I)

Wikan Jatimurti, S.T., M.Sc. .... (Pembimbing II)



*(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)*

# **PENGARUH VARIASI KOMPOSISI DAN UKURAN FILLER SERAT TEBU TERHADAP MORFOLOGI DAN SIFAT MEKANIK KOMPOSIT SBR/SERAT TEBU**

**Nama Mahasiswa : M. Afza Nur Hakim**  
**NRP : 2713 100 140**  
**Departemen : Teknik Material**  
**Dosen Pembimbing : Sigit Tri W., S.Si., M.Si., Ph.D.**  
**Wikan Jatimurti, S.T., M.Sc.**

## **Abstrak**

*Pengembangan airless tyre sangat penting untuk kendaraan militer untuk meminimalisir resiko fatal dari kegagalan ban konvensional. Sehingga penelitian ini dilakukan untuk menjadi studi awal terkait komposit SBR/Serat Tebu untuk aplikasi flexible spokes untuk airless tyre pada kendaraan militer. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi efek dari penambahan komposisi dan ukuran serat tebu pada sifat mekanik dan morfologi komposit SBR/Serat Tebu. Variasi komposisi yang digunakan adalah 2,5; 5; 7,5; dan 10% dari berat dan variasi ukuran yang digunakan adalah 140, 112, dan 80 $\mu$ . Komposit dikarakterisasi menggunakan FTIR, morfologi dari komposit diamati menggunakan SEM. Temperatur degradasi, kekerasan, dan kekuatan tarik diamati dengan TGA, durometer hardness shore A, dan mesin tensile. Diamati pula kemampuan serap air dari komposit. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penambahan serat tebu hingga 2,5% akan meningkatkan sifat mekanik sementara penambahan lebih lanjut akan menurunkan sifat mekanik dari komposit. Kemudian hasil pengujian juga menunjukkan bahwa penggunaan serat tebu dengan ukuran yang semakin kecil akan semakin meningkatkan sifat mekanik dari komposit.*

***Kata kunci: Styrene Butadiene Rubber, Serat Tebu, Flexible Spokes, Airless Tyre***



*(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)*

# **EFFECT OF SUGAR CANE COMPOSITION VARIATION AND FILLER SIZE TOWARDS MORPHOLOGY AND MECHANICAL PROPERTIES OF SBR/SUGAR CANE FIBER COMPOSITE**

**Name** : M. Afza Nur Hakim  
**NRP** : 2713 100 140  
**Department** : Materials Engineering  
**Advisors** : Sigit Tri Wicaksono, S.Si., M.Si., Ph.D.  
Wikan Jatimurti, S.T., M.Sc.

## **Abstract**

*The development of airless tyre is very important for military vehicle in order to minimize fatal risk of conventional tire failures. Therefore this research is done to be an early study about SBR/Sugar Cane Fiber composite for the application of flexible spokes for airless tyre in military vehicle. This research aims to identify the effect of addition of sugar cane fiber composition and size on mechanical properties and morphology of SBR/Sugar Cane Fiber Composite. The variation of composition is 2,5; 5; 7,5; and 10% of weight and the size variation is 140, 112, and 80 $\mu$ . The composite is characterized by FTIR, the morphology of the composite is investigated by scanning electron microscopy (SEM). Degradation temperature, hardness, and tensile strength are characterized by using thermogravimetric analysis (TGA), durometer hardness Shore A, and tensile machine, respectively. The water absorbtion of the composite is also observed. The test results show that addition of sugar cane fiber up to 2.5% will increase the mechanical properties, however, further addition will result a decrease in mechanical properties of the composite. The test result also shows that the usage of smaller sized sugar cane fiber will increase the mechanical properties of the composite.*

**Keywords:** *Styrene Butadiene Rubber, Sugar Cane Fiber, Flexible Spokes, Airless Tyre*

*(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT karena berkat rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan mata kuliah Tugas Akhir ini. Tugas Akhir ditujukan untuk memenuhi mata kuliah wajib yang harus diambil oleh mahasiswa Departemen Teknik Material Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), penulis telah menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul **“Pengaruh Variasi Komposisi dan Ukuran *Filler* Serat Tebu Terhadap Morfologi dan Sifat Mekanik Komposit SBR/Serat Tebu”**.

Penulis menyadari bahwa tanpa adanya bantuan dari seluruh pihak, laporan ini tidak akan terselesaikan dengan baik. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terimakasih pada beberapa pihak yang memberikan dukungan, bimbingan, dan kesempatan pada penulis hingga laporan tugas akhir ini dapat diselesaikan, yaitu diantaranya :

1. Allah SWT atas karunia, rahmat, dan hidayahnya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan lancar.
2. Kedua Orang Tua, yang telah mendukung secara moril maupun materil serta doa yang selalu dipanjatkan demi kesehatan, keselamatan dan kelancaran anaknya dalam menempuh studi.
3. Bapak Dr. Agung Purniawan, S.T, M.Eng., selaku Ketua Departemen Teknik Material FTI-ITS.
4. Bapak Sigit Tri Wicaksono, S.Si., M.Si., Ph.D. dan Bapak Wikan Jatimurti, S.T., M.Sc. selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah membimbing penulis dalam mengerjakan laporan tugas akhir dari awal hingga akhir dan memberikan begitu banyak ilmu yang bermanfaat.
5. Bapak Budi Agung Kurniawan, S.T., M.Sc. selaku dosen wali yang sangat mengayomi selama penulis menempuh pendidikan di Departemen Teknik Material.
6. Seluruh dosen dan karyawan Departemen Teknik Material.

7. Serta seluruh pihak yang belum bisa dituliskan satu per satu oleh penulis. Terimakasih atas dukungan dan bantuan rekan-rekan sekalian.

Penulis berharap laporan tugas akhir ini dapat memberikan manfaat kepada seluruh pihak yang membaca. Penulis menyadari bahwa dalam pembuatan laporan ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik yang membangun dari pembaca demi perbaikan dan kemajuan bersama.

Surabaya, Juli 2017

Penulis,  
M. Afza Nur Hakim

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>vii</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xvii</b>

### BAB I PENDAHULUAN

1.1	Latar Belakang .....	1
1.2	Rumusan Masalah .....	3
1.3	Batasan Masalah .....	3
1.4	Tujuan Penelitian .....	3
1.5	Manfaat Penelitian .....	3

### BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1	Material Komposit .....	5
2.2	Komposit Serat .....	10
2.3	Rubber .....	12
2.4	Serat Alam .....	14
2.5	Serat Tebu .....	17
2.6	Non Pneumatic Tire .....	20
2.7	Material dan Distribusi Berat NPT .....	24
2.8	Spokes .....	25
2.9	Produk Komersil NPT .....	26
2.10	Penelitian Terdahulu .....	29

### BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1	Diagram Alir Penelitian .....	35
3.2	Bahan Penelitian .....	37
3.3	Peralatan Penelitian .....	38
3.4	Variabel Penelitian .....	43
3.5	Prosedur Penelitian .....	43
3.6	Pengujian .....	44

#### **BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN**

4.1	Pengujian FTIR Komposit SBR-Serat Tebu .....	49
4.2	Pengujian SEM Komposit SBR-Serat Tebu .....	54
4.3	Pengujian TGA Komposit SBR-Serat Tebu .....	60
4.4	Pengujian Tarik Komposit SBR-Serat Tebu .....	63
4.5	Pengujian Daya Serap Air Komposit .....	67

#### **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1	Kesimpulan .....	69
5.2	Saran .....	69

#### **DAFTAR PUSTAKA ..... xix**

#### **LAMPIRAN**

#### **BIODATA PENULIS**

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b>	Komposit Partikel .....	9
<b>Gambar 2.2</b>	Skema Komposit yang Diperkuat Serat .....	11
<b>Gambar 2.3</b>	Struktur Kimia <i>Natural Rubber</i> .....	13
<b>Gambar 2.4</b>	Struktur Kimia <i>Styrene Butadiene Rubber</i> ....	14
<b>Gambar 2.5</b>	Tanaman Tebu .....	18
<b>Gambar 2.6</b>	Serat Ampas Tebu .....	19
<b>Gambar 2.7</b>	Ban Michelin TWEEL .....	21
<b>Gambar 2.8</b>	Komponen Ban <i>Non-Pneumatic</i> .....	23
<b>Gambar 2.9</b>	Michelin <i>Airless Tyre</i> .....	26
<b>Gambar 2.10</b>	Bridgestone <i>Airless Tyre</i> .....	26
<b>Gambar 2.11</b>	Hankook <i>Airless Tyre</i> .....	27
<b>Gambar 2.12</b>	<i>Honeycomb Airless Tyre</i> pada Humvee.....	28
<b>Gambar 2.13</b>	Hasil Uji Tarik Komposit PVC/Serat Tebu ...	29
<b>Gambar 2.14</b>	Hasil Uji Tarik Komposit USP/Serat Tebu ....	30
<b>Gambar 2.15</b>	Hasil Uji SEM pada <i>Fiber</i> .....	30
<b>Gambar 2.16</b>	Hasil Uji Tarik Campuran NR/SBR .....	32
<b>Gambar 3.1</b>	Diagram Alir Penelitian .....	35
<b>Gambar 3.2</b>	<i>Styrene Butadiene Rubber</i> .....	37
<b>Gambar 3.3</b>	Serat Tebu .....	38
<b>Gambar 3.4</b>	Timbangan Digital .....	38
<b>Gambar 3.5</b>	Oven .....	39
<b>Gambar 3.6</b>	Mesin Pencacah Organik .....	39
<b>Gambar 3.7</b>	<i>Blender</i> .....	40
<b>Gambar 3.8</b>	Mesin <i>Sieving</i> .....	40
<b>Gambar 3.9</b>	Mesin SEM .....	41
<b>Gambar 3.10</b>	Mesin Uji Tarik .....	41
<b>Gambar 3.11</b>	Mesin FTIR .....	42
<b>Gambar 3.12</b>	Alat Uji Kekerasan .....	42
<b>Gambar 3.13</b>	Mesin TGA .....	43
<b>Gambar 3.14</b>	Alat <i>Durometer Shore A Hardness Test</i> .....	45
<b>Gambar 3.15</b>	Dimensi Spesimen Uji Tarik .....	45
<b>Gambar 4.1</b>	Grafik FTIR 100% SBR .....	50
<b>Gambar 4.2</b>	Grafik FTIR 100% Serat Tebu .....	52



<b>Gambar 4.3</b>	Hasil Uji FTIR 10% Serat Tebu .....	54
<b>Gambar 4.4</b>	Hasil SEM SBR/Serat Tebu Perbesaran 100x .....	55
<b>Gambar 4.5</b>	Hasil SEM SBR/Serat Tebu Perbesaran 500x.....	56
<b>Gambar 4.6</b>	Hasil SEM SBR/Serat Tebu Perbesaran 2000x ...	58
<b>Gambar 4.7</b>	Hasil Pengujian TGA .....	61
<b>Gambar 4.8</b>	Spesimen Uji Tarik .....	64
<b>Gambar 4.9</b>	Gelembung pada Spesimen Uji Tarik .....	64
<b>Gambar 4.10</b>	<i>Void</i> pada Spesimen Uji Tarik .....	64
<b>Gambar 4.11</b>	Nilai Kekuatan SBR/Serat Tebu .....	66
<b>Gambar 4.12</b>	Hasil Pengujian Daya Serap Air .....	67

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b>	Komposisi Kimia Beberapa Serat Alam .....	15
<b>Tabel 2.2</b>	Sifat Mekanik Beberapa Serat Alam .....	16
<b>Tabel 2.3</b>	Sifat Fisik Beberapa Serat Alam .....	16
<b>Tabel 2.4</b>	Kandungan Kimia Serat Tebu .....	19
<b>Tabel 2.5</b>	<i>Material Properties</i> NPT .....	23
<b>Tabel 2.6</b>	Distribusi Material dan Berat .....	24
<b>Tabel 2.7</b>	<i>Material Properties</i> dari <i>Spokes</i> saat ini .....	25
<b>Tabel 2.8</b>	Hasil Uji Tarik Komposit PVC/Serat Tebu .....	31
<b>Tabel 2.9</b>	Rancangan Percobaan .....	32
<b>Tabel 2.10</b>	Sifat Mekanik Hasil Pengujian .....	33
<b>Tabel 3.1</b>	Rancangan Penelitian .....	48
<b>Tabel 4.1</b>	Daerah Serapan Infra Merah SBR .....	51
<b>Tabel 4.2</b>	Daerah Serapan Infra Merah Serat Tebu .....	53
<b>Tabel 4.3</b>	Hasil Pengujian TGA SBR/Serat Tebu .....	62
<b>Tabel 4.4</b>	Nilai Kekuatan Tarik SBR/Serat Tebu .....	65
<b>Tabel 4.5</b>	Hasil Pengujian Daya Serap Air .....	68

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*



---

## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi pada zaman sekarang sangatlah pesat, hal ini memungkinkan munculnya banyak pengembangan dari teknologi yang telah ada sebelumnya. Pengembangan teknologi ini terjadi dalam berbagai bidang seperti biomedik, elektronik, energi, IT, robotika, transportasi, dll. Salah satu teknologi yang sedang dikembangkan di bidang transportasi adalah *airless tyre* atau *non-pneumatic tyre*.

Ban adalah bagian yang memiliki fungsi krusial bagi sebuah kendaraan. Ban berperan dalam menopang kendaraan, memberikan traksi antara kendaraan dengan jalan serta berperan pula sebagai *shock absorber*. Ban *pneumatic* pertama dibuat oleh seorang penemu asal Skotlandia yang bernama John Boyd Dunlop pada tahun 1887. Ban *pneumatic* terbuat dari *synthetic rubber*, *natural rubber*, dan kawat. Ban jenis ini adalah ban yang sangat umum dan digunakan di seluruh dunia pada saat ini. Namun, ban ini memiliki kelemahan antara lain sebuah kebocoran pada ban akan menyebabkan kegagalan total, kemungkinan akan adanya kecelakaan parah jika ban pecah pada kecepatan tinggi, dan kebutuhan akan perawatan tekanan angin pada ban karena hal ini akan berpengaruh pada performa di jalan (Sekhar, dkk., 2014). Federal Road Safety Corps (FRSC) menyebutkan 772 dari 9000 kecelakaan pada tahun 2015 disebabkan karena pecah ban (vanguardngr.com, 2016). Selain hal yang telah disebutkan di atas, kelemahan ban *pneumatic* yang perlu digaris bawahi adalah ban ini dapat mengalami kegagalan total oleh tembakan senjata api maupun ledakan bom atau ranjau. Hal ini tentu saja merupakan mimpi buruk bagi personil militer ketika ban mengalami kegagalan total dan kendaraan tidak dapat bergerak di tengah medan perang. Kendaraan militer yang sejatinya berfungsi untuk memberikan mobilitas tinggi dalam seketika berubah menjadi sasaran mudah bagi musuh, semua ini disebabkan karena ban *pneumatic* yang



rentan terhadap kebocoran. Untuk mengatasi masalah tersebut maka diperlukan pengembangan dari *airless tyre*.

*Airless tyre* memiliki kemiripan dengan ban *pneumatic* dalam hal keduanya membawa beban yang signifikan dalam deformasi besar, namun cukup berbeda karena *airless tyre* membawa beban ini tanpa adanya tekanan udara. Hal ini dilakukan dengan mengganti kolom udara dengan elastomer atau *flexible spokes* (Manibaalan, dkk. 2013). Ban ini terbuat dari polyurethane dan *rubber*. *Rubber* ini akan membengkok ke dalam dan mendeformasi material polyurethane yang fleksibel saat mengenai permukaan yang kasar dan kemudian kembali ke posisi normal pada permukaan yang halus.

Michelin pertama kali mengumumkan Tweel pada 2005. Nama tersebut adalah kombinasi dari kata *tire* dan *wheel* karena Tweel tidak menggunakan pemasangan rangkaian ban secara konvensional. Di mana Tweel menggunakan *spokes* dari polyurethane yang dikelilingi oleh *shear band*. Tegangan antara *shear band* dengan *spokes* dan kekuatan *spokes* itu sendiri menggantikan tekanan udara dari ban tradisional. Saat Tweel digunakan di jalan, *spokes* akan menyerap beban yang diberikan oleh bentuk jalan sebagaimana tekanan udara lakukan pada ban *pneumatic* (Suhag, dkk. 2013). Sehingga *airless tyre* dapat menjadi pengganti yang memungkinkan di masa depan karena kemampuan membawa beban, menyerap beban kejutan, serta karakteristik kendali kendaraan yang setara dengan ban *pneumatic*.

Pengembangan ban ini penting untuk dilakukan khususnya bagi kendaraan militer di mana kondisi jalan yang harus dilalui kendaraan tersebut sangat rentan menyebabkan kebocoran, selain itu resiko fatal juga dapat terjadi ketika ban mengalami kegagalan di tengah medan perang. Oleh karena itu, penelitian ini akan berfokus sebagai studi awal terkait sintesa dan analisa mekanik serta morfologi dari komposit yang terdiri atas *Styrene Butadiene Rubber* dan serat tebu untuk aplikasi *flexible spokes* bagi *airless tyre* pada kendaraan militer.



## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh variasi komposisi serat tebu terhadap sifat mekanik dan morfologi komposit SBR/Serat Tebu?
2. Bagaimana pengaruh variasi ukuran *filler* terhadap sifat mekanik dan morfologi komposit SBR/Serat Tebu?

## 1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pencampuran material komposit dianggap tercampur homogen.
2. Kekasaran permukaan material komposit dianggap homogen.
3. Pengaruh *impurities* pada saat proses pencampuran diabaikan.
4. Temperatur selama proses pencampuran diabaikan.

## 1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari diadakannya penelitian ini adalah :

1. Melakukan studi terkait pengaruh variasi komposisi serat tebu terhadap sifat mekanik dan morfologi komposit SBR/Serat Tebu.
2. Melakukan studi terkait pengaruh variasi ukuran *filler* terhadap sifat mekanik dan morfologi komposit SBR/Serat Tebu.

## 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi komposisi serat tebu dan ukuran *filler* terhadap sifat mekanik dan morfologi komposit SBR/Serat Tebu sebagai referensi awal bagi rekayasa material komposit untuk dikembangkan lebih lanjut sebagai material *flexible spokes* pada *airless tyre* di masa yang akan datang.



*(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)*



---

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Material Komposit

Sebuah material komposit dapat didefinisikan sebagai kombinasi dari dua atau lebih material yang menghasilkan sifat yang lebih baik daripada komponen individunya digunakan sendiri. Berbeda dengan paduan logam, masing-masing material mempertahankan sifat kimia, fisik, dan mekanik. Kedua konstituen ini adalah *reinforcement* (penguat) dan matriks. Keuntungan utama dari material komposit adalah kekuatan dan kekakuan yang tinggi, dikombinasikan dengan kepadatan yang rendah. Fasa penguat memberikan kekuatan dan kekakuan. Dalam kebanyakan kasus, penguat lebih keras, lebih kuat, dan lebih kaku daripada matriks. Penguat biasanya berupa sebuah serat atau partikulat. Komposit partikulat memiliki dimensi yang kira-kira sama di semua arah. Komposit partikulat dapat berbentuk bola, platelet, atau bentuk teratur atau tidak teratur lainnya. Komposit partikulat cenderung jauh lebih lemah dan kurang kaku daripada komposit serat kontinyu, tetapi mereka biasanya jauh lebih murah. Komposit yang diperkuat partikulat biasanya mengandung penguat kurang (hingga 40 sampai 50 persen volume) karena kesulitan dalam pengolahan dan kegetasan. (Campbell, 2010).

Dalam merancang material komposit, para ilmuwan dan insinyur telah cerdas menggabungkan berbagai logam, keramik, dan polimer untuk menghasilkan material generasi baru yang luar biasa. Kebanyakan komposit telah diciptakan untuk meningkatkan kombinasi karakteristik mekanis seperti kekakuan dan ketangguhan.

Banyak material komposit terdiri dari hanya dua fase; salah satu yang disebut matriks, yang kontinyu dan mengelilingi fase lainnya, sering disebut fase terdispersi. Sifat-sifat komposit merupakan fungsi dari sifat-sifat fase konstituen, jumlah relatifnya, dan geometri dari fase terdispersi (Callister dan Rethwisch, 2010).





Keuntungan dari komposit ada banyak, termasuk massa yang lebih ringan, kemampuan untuk mendapatkan kekuatan dan kekakuan optimal, meningkatkan fatigue life, ketahanan korosi, dan dengan desain yang bagus, biaya perakitan berkurang karena bagian detail lebih sedikit.

Kekurangan dari komposit meliputi: biaya bahan bakunya yang tinggi, dan komposit biasanya membutuhkan biaya fabrikasi dan perakitan yang tinggi; komposit dipengaruhi oleh suhu dan kelembaban; komposit juga lemah dalam matriks menerima beban primer pada arah yang tidak merata dan tidak boleh digunakan di mana arah beban yang kompleks; komposit juga rentan terhadap dampak kerusakan dan delaminasi atau pemisahan lapisan yang dapat terjadi; dan komposit lebih sulit untuk diperbaiki dibandingkan dengan struktur logam (Campbell, 2004).

Berdasarkan matriksnya, komposit dibedakan menjadi beberapa jenis, yaitu PMCs (*Polymer Matrix Composites*) yang menggunakan polimer sebagai matriksnya, CMCs (*Ceramic Matrix Composites*) dengan matriks keramik, MMCs (*Metal Matrix Composites*) yang menggunakan logam sebagai matriksnya. Komposit Matrik Polimer merupakan gabungan dari sekurang-kurangnya dua jenis material dimana salah satunya adalah polimer sebagai matrik induk (matriks) dan material yang kedua sebagai penguat.

### 2.1.1 Matriks

Fungsi penting material matriks menurut (Mazumdar, 2002)

- a. Material matriks mengikat serat atau serbuk bersama-sama dan menghantarkan beban ke serat dan serbuk. Matriks memberikan kekakuan dan bentuk terhadap struktur.
- b. Matriks mengisolasi serat atau serbuk sehingga masing-masing dapat bekerja secara terpisah. Hal ini dapat menghentikan atau memperlambat propagasi retak.



- c. Matriks memberikan kualitas permukaan akhir yang baik dan membantu produksi benda jadi atau mendekati bentuk akhir komponen.
- d. Matriks memberikan perlindungan untuk serat atau serbuk penguat terhadap serangan kimia (misalnya korosi) dan kerusakan mekanik (misalnya aus).
- e. Bergantung kepada bahan matriks yang dipilih, akan memengaruhi karakteristik unjuk kerja yang duktilitas (liat, kenyal), kekuatan impak, dan lain-lain. Sebuah matriks yang kenyal akan meningkatkan ketangguhan struktur. Untuk persyaratan ketangguhan yang lebih tinggi, bisa dipilih komposit berbasis thermoplastik.
- f. Mode kegagalan sebagian besar dipengaruhi oleh jenis bahan matriks yang digunakan dalam komposisi dan juga kompatibilitasnya terhadap serat.

Matriks dapat dikelompokkan menjadi jenis thermoplastik dan thermoset. Jenis thermoplastik relatif mudah diproses menjadi komposit bukan karbon, tetapi tantangan signifikan saat ini adalah mengubahnya menjadi karbon murni. Sifat thermoplastiknya mensyaratkan bahwa ia juga diisikan di dalam sampel melalui cara eksternal, atau diperlakukan secara kimiawi (distabilisasikan) sebelum pemanasan ke temperatur karbonisasi. Sedangkan, matriks jenis thermosetting mempunyai ketahanan yang baik pada temperatur tinggi karena proses pembuatannya menggunakan proses *curing* (pemanasan sampai menjadi keras) pada temperatur tinggi. (Miracle, 2001)

Semua bentuk matriks menunjukkan stabilitas karakteristik thermal dan kimia dari karbon, tetapi tidak semua menghasilkan sifat akhir yang sama pada komposit. Meskipun sifat komposit sering kali didominasi oleh sifat penguat, tetapi berbeda sifat, seperti geseran dan tarik didominasi oleh matriks. Terlebih lagi, sifat-sifat seperti konduktivitas thermal dan elektrik dapat dipengaruhi secara kuat oleh jenis bahan matriks. Bahkan sifat struktur yang lebih tradisional dipengaruhi oleh densitas dan porositas dari komposit, yang hampir keseluruhannya adalah



karena matriks atau karena proses pembentukan matriks. Akhirnya, beberapa sifat unjuk kerja komposit, seperti koefisien gesekan dan aus, adalah fungsi yang kompleks dari sifat utama komposit yang bahan matriks dan prosesnya tidak dapat diabaikan.

Pada komposit matriks polimer jenis matriks yang digunakan dapat berupa thermosetting dan thermoplastic. Thermoplastic adalah plastik yang dapat dicetak berulang-ulang dengan adanya panas. Yang termasuk thermoplastic yaitu, Polietilena (PE), Polipropilena (PP), Polistirena (PS), nylon, Polietilena terpetalat (PET), BPT, Poliacetal (POM), Polikarbonat, dll. Sedangkan thermosetting tidak dapat dicetak kembali apabila telah mengalami kondisi tertentu karena bangun polimernya berbentuk jaringan tiga dimensi. Yang termasuk thermosetting adalah Poliuretan, Urea Formaldehid, Melamin Formaldehid, Poliester, dan Epoksi. Thermosetting akhir-akhir ini sering digunakan untuk berbagai aplikasi, sedangkan untuk jenis thermoplastic dalam aplikasinya hanya terbatas pada penggunaan tertentu karena temperaturnya yang rendah.

### **2.1.2 Penguat**

Material komposit dibentuk misalnya melalui penguatan plastik dengan serat atau serbuk. Untuk mengembangkan pemahaman yang baik tentang sifat komposit, disini dijelaskan tentang peran bahan serat atau serbuk dan bahan matriks dalam komposit. Fungsi utama serat atau serbuk dalam komposit adalah:

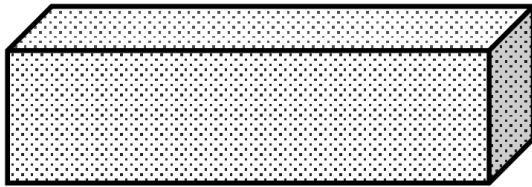
- a. Untuk membawa beban. Dalam komposit struktur, 70 – 90% beban didukung oleh serat.
- b. Untuk memberikan kekakuan, kekuatan, stabilitas panas dan sifat struktur lainnya dalam komposit.
- c. Menyediakan penghantaran atau insulasi elektrik, tergantung pada jenis serat atau serbuk yang digunakan

Mekanisme penguat komposit sangat tergantung pada geometri penguatnya, yaitu dibedakan atas partikel dan serat (*fiber*). Partikel bisa berbentuk bola, kubus, kotak tetragonal, batang, *whiskers*, lembar pipih atau bentuk yang tidak beraturan.



Peran partikel dalam komposit partikel adalah membagi beban agar terdistribusi merata dalam material dan menghambat deformasi plastik matriks yang ada di sela-sela partikel (Prasetya, 2016).

Dari fungsi tersebut maka pemilihan jenis material penguat merupakan pengaruh yang sangat besar terhadap karakteristik dari komposit. Salah satu jenis komposit yang bahan penguatnya terdiri atas partikel yang tersebar merata dalam matriks yang berfungsi sebagai pengikat adalah komposit partikel seperti ditunjukkan pada Gambar 2.1.



**Gambar 2.1** Komposit Partikel (Prasetya, 2016)

Campuran antara matriks dan partikel penguat yang ada pada sistem material komposit partikel dapat dibagi ke dalam beberapa jenis, yaitu:

- a. *Nonmetallic in nonmetallic particulate composites*, yaitu sistem material komposit partikel yang kedua atau lebih unsur pembentuknya (matriks dan penguat) tidak berupa material logam, misalnya berupa ceramics *matrix-glass particulate*.
- b. *Metallic in nonmetallic particulate composites*, yaitu sistem material komposit partikel yang memiliki matriks tidak berupa logam, sementara partikel penguatnya berupa material logam, misalnya *aluminium powder* dalam matriks *polyurethane* atau *polysulfide rubber*.
- c. *Metallic in metallic particulate composites*, yaitu sistem material komposit partikel yang matriks dan penguatnya berupa material logam, namun tidak sama seperti model paduan logam (*metal alloy*), sebab penguat partikel logam tidak melebur di dalam matriks logam.



- d. *Nonmetallic in metallic particulates composites*, yaitu sistem material komposit partikel yang matriksnya berupa material logam, namun material penguatnya tidak berupa material logam, melainkan dari jenis material nonlogam, misalnya *ceramics particulate* dalam matriks *stainless steel*.

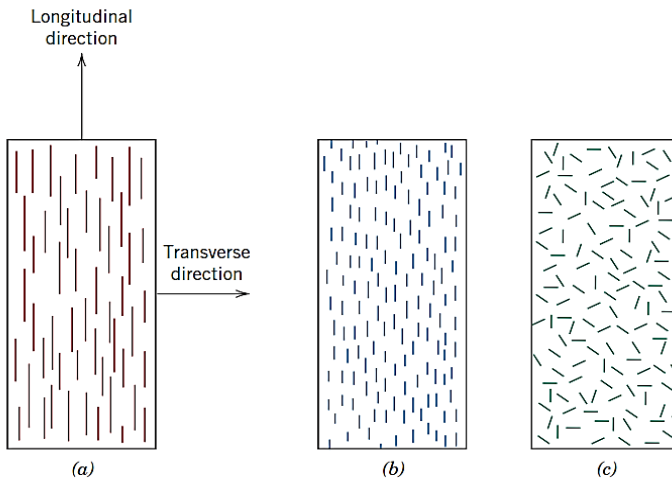
Pada komposit dengan *reinforced* partikel, ukuran partikel, dan distribusinya sangat menentukan kekuatan komposit tersebut. Karena distribusi partikel dalam matriks (fraksi volume) dari dua fasa ini memengaruhi sifat mekanik, dimana sifat mekanik akan tinggi dengan meningkatnya kandungan partikel dalam matriks. Komposit partikel terdapat dalam berbagai bentuk terutama pada komposit *nonmetallic* dalam *nonmetallic*, salah satunya berbentuk *flakes*. Bentuk ini memiliki beberapa kelebihan dibanding komposit *fiber*, diantaranya mempunyai geometri utama dua dimensi dengan menyertai kekuatan dan kekakuan pada dua arah, berbeda dengan komposit *fiber* yang hanya satu arah. Dan biasanya *flakes* memenuhi komposit paralel dengan yang lainnya dengan menghasilkan *density* lebih tinggi dari konsep *fiber*. Dalam proses pembuatannya terdapat dua tahapan yang harus dilalui, yaitu proses *lay up* dan proses *curing*. Pada proses *lay up* merupakan proses penyusunan penguat pada matriks yang tersedia. Sedangkan proses *curing* (pematangan) merupakan proses lanjutan dari proses *lay up*, yaitu komposit yang telah terbentuk mengalami proses pendinginan, menjadi kaku dan keras. Atau dapat disebut polimerisasi diantara matriks dan penguat untuk membentuk ikatan yang permanen. Dalam pembuatan komposit, harus hati-hati agar proses pematangan tidak terjadi sebelum proses *lay up* selesai dan komposit yang terbentuk menjadi struktur yang *rigid* dengan tingkat kekeroposan yang rendah.

## 2.2 Komposit Serat

Komposit yang diperkuat serat disubklasifikasikan oleh panjang serat. Untuk serat pendek, serat terlalu pendek untuk menghasilkan peningkatan yang signifikan dalam kekuatan.



Pengaturan atau orientasi dari serat relatif terhadap satu sama lain, konsentrasi serat, dan distribusi semua yang signifikan memiliki pengaruh pada kekuatan dan properti lainnya dari komposit serat. Sehubungan dengan orientasi, ada dua kemungkinan: (1) serat yang sejajar pada arah longitudinal pada satu arah, dan (2) serat dengan arah yang acak. Serat kontinyu biasanya searah (Gambar 2.2a), sedangkan serat diskontinyu bisa berupa sejajar (Gambar 2.2b), secara orientasi acak (Gambar 2.2c), atau sebagian berorientasi. Sifat komposit yang lebih baik secara keseluruhan dapat diwujudkan dengan distribusi serat yang seragam (Callister dan Rethwisch, 2010).



**Gambar 2.2** Skema dari (a) kontinyu dan searah, (b) diskontinu dan searah, dan (c) diskontinu dan berorientasi secara acak pada komposit yang diperkuat serat (Callister dan Rethwisch, 2010)

Secara umum tipe serat dibagi menjadi beberapa jenis, diantaranya:

a. *Continuous Fiber Composite*

Disebut juga sebagai *uni-directional*, mempunyai susunan serat panjang dan lurus membentuk lamina diantara matriksnya. Jenis komposit ini paling banyak digunakan.



Kekurangannya adalah lemahnya kekuatan antar lapisan dikarenakan kekuatan antar lapisan dipengaruhi oleh matriksnya

b. *Woven fiber composite*

Disebut juga *bi-directional*, komposit ini tidak mudah terpengaruh pemisahan antar lapisan karena susunan seratnya juga mengikat antar lapisan. Akan tetapi susunan serat memanjangnya tidak begitu lurus mengakibatkan kekuatan dan kekakuan tidak sebaik *continuous fiber*.

c. *Discontinuous fiber*

Komposit jenis ini masih dibedakan lagi menjadi:

- *Align discontinuous fiber*

Dimana serat nya berukuran pendek namun tersusun secara *rapid* dan sejajar

- *Randomly oriented discontinuous fiber*

Komposit dengan serat pendek yang tersebar secara acak diantara matriksnya. Tipe acak sering digunakan pada produksi dengan volume besar karena faktor biaya manufakturnya lebih murah.

Ditinjau dari pembuatannya, serat diklasifikasikan menjadi dua kelompok, yaitu serat sintetis dan serat alami. Kedua jenis serat itu digunakan sebagai penguat atau pengisi pada material komposit (Dian, 2016).

## 2.3 Rubber

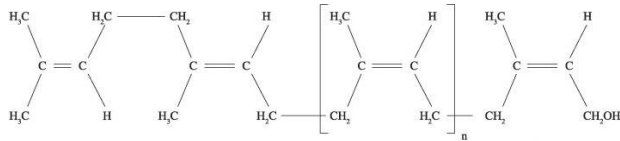
Rubber adalah material polimer yang memiliki sifat fleksibilitas dan kemungkinan memanjang. Dengan pemberian gaya, molekul melurus ke arah tarikan, ketika dilepaskan dari gaya, *rubber* akan secara spontan kembali ke bentuk semula. *Rubber* mencakup *natural rubber* dan sintetis *rubber* (Wanvimon, 2012).

### 2.3.1 Natural Rubber

*Natural rubber* adalah polimer yang berasal dari pohon *hevea brasiliensis* dan *parthenia argentatum* dengan struktur dasar



cis-1,4 polyisoprene (Wanvimon, 2012). Struktur kimia dari *natural rubber* ditunjukkan oleh Gambar 2.3.



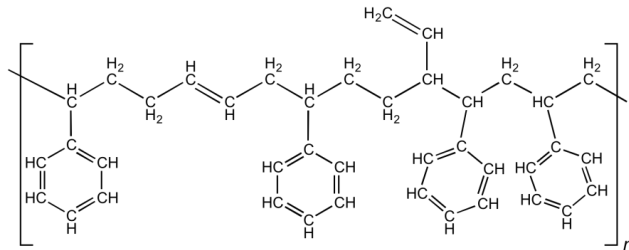
**Gambar 2.3** Struktur Kimia *Natural Rubber* (Wanvimon, 2012)

Natural rubber dikenal dengan banyak sifat yang luar biasa, seperti *oil resistance*, *gas permeability* yang rendah, peningkatan pada cengkeraman jalan basah dan rolling resistance, dan kekuatan yang baik. *Natural rubber* di peroleh dari latex, kebanyakan merupakan polimerisasi dari isoprena dengan jumlah *impurities* yang kecil. Hal ini akan membatasi sifat yang ada, walaupun penambahan sulfur dan vulkanisasi telah dilakukan untuk meningkatkan sifat fisik dan mekanik *natural rubber* (Jawad, 2011).

### 2.3.2 Synthetic Rubber/Styrene Butadiene Rubber

*Styrene butadiene rubber* adalah sintetik rubber yang paling banyak digunakan pada ban. SBR paling dibuat dari polimerisasi stiren dan *butadiene*. Juga memungkinkan untuk dengan mengubah kandungan stiren dan proses polimerisasi untuk membuat variasi tipe SBR dengan karakteristik berbeda (Jawad, 2011). Aplikasi SBR paling besar adalah pada industri otomotif dan ban, terhitung sekitar 70% penggunaan. Oleh karenanya, SBR sudah terikat dengan bisnis ban. Struktur kimia *styrene butadiene rubber* ditunjukkan pada Gambar 2.4.





**Gambar 2.4** Struktur Kimia *Styrene Butadiene Rubber*  
(Wanvimon, 2012)

SBR lebih kaku dan sulit untuk di-*mill*, dicampur, ataupun di-*calender* ketimbang *natural rubber*, kekurangan di kekakuan bangunan, memiliki sifat fisik yang relatif buruk. Sifat kemampuprosesan dan sifat fisiknya meningkat dengan pesat dengan penambahan minyak proses dan *pigment reinforcement*.

## 2.4 Serat Alam

Peningkatan kesadaran akan sumber daya tidak terbarukan menjadi langka dan ketergantungan kita yang tak terelakkan pada sumber daya terbarukan telah muncul. Pada abad ini bisa disebut abad selulosa, karena semakin banyak sumber daya tanaman terbarukan untuk produk sedang ditemukan. Hal ini dinyatakan secara umum bahwa serat alam itu terbarukan dan berkelanjutan, tetapi sebenarnya, tidak. Tanaman hidup itu terbarukan dan berkelanjutan yang mana serat alamnya diambil, tetapi tidak berserat sendiri.

### 1. Sumber serat

Tanaman, yang menghasilkan serat alam, diklasifikasikan sebagai primer dan sekunder tergantung pada pemanfaatannya. Tanaman primer adalah tanaman yang tumbuh untuk konten seratnya sementara tanaman sekunder adalah tanaman di mana serat diproduksi sebagai *by-product*. *Jute*, *hemp*, *kenaf*, dan *sisal* adalah contoh dari tanaman utama. Nanas, kelapa sawit dan sabut adalah contoh tanaman sekunder. Tabel 2.1 menunjukkan komposisi kimia dari serat utama yang digunakan secara komersial



dalam komposit, Tabel 2.2 menunjukkan sifat mekanik dari serat alam, dan Tabel 2.3 menunjukkan sifat fisik dari serat alam.

## 2. Jenis serat

Ada enam tipe dasar dari serat alami. Serat-serat tersebut diklasifikasikan sebagai berikut: serat kulit pohon (*jute*, *flax*, *hemp*, *ramie*, dan *kenaf*), serat daun (abaca, sisal dan nanas), serat biji (sabut, kapas dan kapuk), serat inti (*kenaf*, *hemp*, dan *jute*), rumput dan alang-alang serat (gandum, jagung dan beras) dan semua jenis lain (kayu dan akar).

**Tabel 2.1** Komposisi Kimia dari Beberapa Serat Alam

Fiber	Cellulose (wt%)	Hemicellulose (wt%)	Lignin (wt%)	Waxes (wt%)
Bagasse	55.2	16.8	25.3	-
Bamboo	26-43	30	21-31	-
Flax	71	18.6-20-.6	2.2	1.5
Kenaf	72	20.3	9	-
Jute	61-71	14-20	12-13	0.5
Hemp	68	15	10	0.8
Ramie	68.6-76.2	13-16	0.6-0.7	0.3
Abaca	56-63	20-25	7-9	3
Sisal	65	12	9.9	2
Coir	32-43	0.15-0.25	40-45	-
Oil palm	65	-	29	-
Pineapple	81	-	12.7	-
Curaua	73.6	9.9	7.5	-

Sumber: Dian, 2016



*Laporan Tugas Akhir*  
*Departemen Teknik Material FTI – ITS*

**Tabel 2.2** Sifat Mekanik dari Beberapa Serat Alam

Fiber	Density (g/cm <sup>3</sup> )	Diameter (μm)	Elongation at break (%)	Tensile strength (MPa)	Young's Modulus (GPa)	Specific modulus (GPa cm <sup>3</sup> /g)	Price (€/Kg)
Flax	1.40-1.50	40-620	2.7-3.2	343-1035	27-80	19-53	2.29-11.47
Jute	1.30-1.50	30-140	1.4-3.1	187-773	3-55	2-37	0.12-0.35
Abaca	1.50	17-21	10-12	980	72	48	0.81-0.92
Sisal	1.30-1.50	100-300	2.0-2.9	507-855	9.0-28.0	7-19	0.70-1.02
Kenaf	1.22-1.40	40-90	3.7-6.9	295-930	22-53	18-38	0.53-0.61
Ramie	1.50	40-60	3.6-3.8	400-938	44-128	29-85	1.44-2.40
Hemp	1.40-1.50	16-50	1.3-4.7	580-1110	3-90	2-60	0.57-1.73
Cotton	1.50-1.60	16-21	2.0-10.0	287-587	5.5-12.6	4-8	1.61-4.59
Coir	1.25-1.50	100-450	15.0-47.0	106-270	3.0-6.0	2-4	0.24-0.48
Banana	1.30-1.35	50-280	3-10	529-914	7.7-32.0	6-24	0.7-0.9
Henequen	1.49	20-500	3.0-5.0	430-580	10.1-16.3	7-11	0.38-0.67
Bagasse	0.55-1.25	200-400	0.9	20-290	2.7-17.0	5-14	0.15
Pineapple	1.52-1.56	200-8800	0.8-3.0	170-1627	6.21-82	4-53	0.36-0.72
E-glass	2.50-2.55	10-20	2.5	2000-3500	73.0	29	1.25
Aramide	1.40-1.45	12	3.3-3.7	3000-3150	63.0-67.0	45-48	7.20
Carbon	1.40-1.75	5.5-6.9	1.4-1.8	4000	230.0-240.0	164-171	12.0

Sumber: Dian, 2016

**Tabel 2.3** Sifat Fisik dari Beberapa Serat Alam

Fibre type	Diameter (μm)	Length (mm)	Aspect ratio ( $l/d$ )	Micro-fibril angle ( $\theta$ )	Bulk Density (kg/m <sup>3</sup> )	Moisture regain (%)	[Source]
Abaca	17.0-21.4	4.6-5.2	257	-	1500	14.00	22
Bagasse	20	1.7	-	-	550-1250	-	9,10,22
Banana	-	2-3.8	-	11-12	1300-1350	-	9,10,22
Bamboo	10-40	2.7	-	-	1500	-	9,10,22
Coir	16.2-19.5	0.9-1.2	64	39-49	1250	13.00	10,22
Cotton	11.5-17	20-64	2752	20-30	1550	8.50	22,33
Flax	17.8-21.6	27.4-36.1	1258	5	1400-1500	12.00	22,41
Hemp	17.0-22.8	8.3-14.1	549	6.2	1400-1500	12.00	22,40,42,43
Jute	15.9-20.7	1.9-3.2	157	8.1	1300-1500	17.00	22,36,37
Kapok	15-35	Aug-32	724	-	384	10.90	22,38
Kenaf	17.7-21.9	2.0-2.7	119	-	1220-1400	17.00	22
Phormium	15.4-16.4	5.0-5.7	337	-	-	-	16,22
Pineapple	20-80	-	-	6-14	1520-1560	-	22,41,44
Ramie	28.1-35.0	60-250	4639	-	1550	8.50	22,41
Sisal	18.3-23.7	1.8-3.1	115	10-22	1300-1500	14.00	22,45

Sumber: Dian, 2016



Serat alam seperti *jute*, *straw*, *sisal* dan *coir* sedang mendapat perhatian sebagai bahan penguat untuk digunakan material komposit. Hal ini disebabkan karena:

1. Serat alam lebih murah dibandingkan dengan serat sintetik (*syntethic fiber*)
2. Memiliki berat jenis rendah
3. Memiliki kekuatan spesifik yang tinggi
4. Mudah diperoleh dan merupakan sumber daya alam yang dapat diolah kembali

## 2.5 Serat Tebu

Tebu merupakan salah satu alternatif yang cocok untuk mengurangi serat buatan seperti *fiberglass* dan banyak tersedia di Indonesia. Tanaman tebu merupakan famili *Gramineae* (keluarga rumput) dengan nama latin *Saccharum officinarum* yang sudah dibudidayakan sejak lama di daerah asalnya di Asia. Di daerah Jawa Barat disebut Tiwu, di daerah Jawa Tengah dan Jawa Timur disebut Tebu atau Rosan (Syakir dan Indrawanto, 2010). Tanaman ini tumbuh tinggi, memiliki batang tipis atau berbentuk seperti tongkat. Tebu ditanam dalam suatu galur/parit pada bagian sisi/pinggirnya, pada musim gugur. Tanaman tebu tidak menuntut perawatan selama melewati musim dingin, dan pada musim semi akan muncul dengan tunas-tunasnya yang akan tumbuh setinggi pohon bambu. Toko bahan/produk pangan khas Asia di luar negeri (*Asian grocery*), sering kali juga menyediakan tanaman (batang) tebu. Gambar tanaman tebu dapat dilihat pada Gambar 2.5.



**Gambar 2.5** Tanaman Tebu (Syakir dan Indrawanto, 2010)

Yang dapat diambil atau diekstrak dari tebu untuk dibuat serat adalah bagian ampasnya (*bagasse*). Ampas tebu (*bagasse*) adalah limbah padat industri gula tebu yang mengandung serat selulosa. Potensi *bagasse* di Indonesia cukup besar, menurut data statistik Indonesia tahun 2002, luas tanaman tebu di Indonesia 395.399,44 ha, yang tersebar di Pulau Sumatera seluas 99.383,8 ha, Pulau Jawa seluas 265.671,82 ha, Pulau Kalimantan seluas 13.970,42 ha, dan Pulau Sulawesi seluas 16.373,4 ha. Diperkirakan setiap ha tanaman tebu mampu menghasilkan 100 ton *bagasse*. Maka potensi *bagasse* nasional yang dapat tersedia dari total luas tanaman tebu mencapai 39.539.944 ton per tahun. (Syakir dan Indrawanto, 2010). Kandungan Kimia dari *Sugarcane Bagasse (SB)* dapat dilihat pada Tabel 2.4 dan gambar serat ampas tebu dapat dilihat pada Gambar 2.6.



**Tabel 2.4** Kandungan Kimia dari Serat Tebu

Kandungan Kimia	Presentasi
Selulosa	35-40%
<i>Natural Rubber</i>	20-30%
Lignin	15-20%
Sukrosa	10-15%

Sumber: Mariatti, 2008

Beberapa kelebihan dari SB dapat dilihat di bawah ini:

1. Ramah lingkungan.
2. Merupakan bahan sisa sehingga biayanya rendah.
3. Tingkat ketersediaan tinggi.
4. Produksi dunia melebihi 1,4 milyar ton per tahun.



**Gambar 2.6** Serat Ampas Tebu (Mariatti, 2008)



## 2.6 Mikromekanik Material Komposit

Modulus elastisitas komposit ke arah longitudinal  $E_c$

$$E_c = E_m \times V_m + E_f \times V_f \quad \text{Persamaan (2.1)}$$

Keterangan:

$E_c$  = Modulus Elastisitas Komposit

$E_m$  = Modulus Elastisitas Matriks

$E_f$  = Modulus Elastisitas *Fiber*

$V_m$  = Fraksi Volume Matriks

$V_f$  = Fraksi Volume *Fiber*

Jika suatu bahan komposit mendapat beban tarik, maka dalam kondisi ini fase *reinforce* dan matriksnya memiliki perpanjangan yang sama sehingga dapat ditulis:

$$\epsilon_r = \epsilon_m = \epsilon_c \quad \text{Persamaan (2.2)}$$

Kemudian untuk kekuatan tarik bahan komposit dapat dituliskan dengan persamaan

$$\sigma_c = \sigma_r \times V_r + \sigma_m \times (1 - V_r) \quad \text{Persamaan (2.3)}$$

Keterangan:

$\sigma_c$  = Kekuatan Tarik Komposit

$\sigma_r$  = Kekuatan Tarik *Fiber*

$\sigma_m$  = Kekuatan Tarik Matriks

$V_r$  = Fraksi Volume *Fiber*



## 2.7 Non Pneumatic Tire

Pada tahun 2005 Michelin meluncurkan teknologi yang berpotensi untuk memberikan dampak besar bagi masa depan dunia transportasi, teknologi tersebut adalah sebuah ban yang tidak membutuhkan tekanan udara dalam penggunaannya karena adanya integrasi antara ban dan roda. Teknologi ini dikenal sebagai TWEEL (dari Bahasa Inggris *Tyre/WhEEL*). Tweel menjanjikan performa yang lebih dari teknologi ban *pneumatic* yang ada saat ini. Aplikasi komersial pertama dari Tweel difokuskan pada kendaraan dengan kecepatan rendah dan berbobot ringan seperti *iBOT mobility device* dan *Segway's Concept Centaur*. Didesain oleh penemu Segway Dean Kamen, *iBOT mobility device* memiliki kemampuan untuk menaiki tangga dan beroperasi pada medan yang tidak rata, memberikan kebebasan mobilitas yang tidak mungkin diraih dengan kursi roda tradisional. *iBOT mobility device* pada Gambar 2.7.



(a)





(b)

**Gambar 2.7** (a) iBOT Mobility Device dan (b) Close-up Ban Michelin TWEEL yang Digunakan iBOT (newatlas.com, 2009)

Selain aplikasi ini, Tweel bekerja dengan baik pada jalan berbatu, sehingga cocok digunakan kendaraan roda empat. Michelin juga memiliki proyek tambahan berupa aplikasi TWEEL bagi berbagai kendaraan militer.

Inti dari inovasi Tweel ada pada desain *hub* dan *spoke* yang menggantikan kebutuhan akan tekanan udara dengan performa yang serupa dengan ban konvensional.

*Flexible spoke* digabungkan dengan ban fleksibel yang dapat berdeformasi untuk menyerap beban kejutan dan kembali ke posisi semula dengan mudah. Meskipun tanpa menggunakan udara, Tweel tetap memberi performa yang mirip dengan ban *pneumatic* dalam hal kapasitas membawa beban, kenyamanan berkendara, dan kemampuan untuk mengatasi hambatan yang ada di jalan. Kelebihan yang dimiliki Tweel adalah optimasi dari *vertical stiffness* (mempengaruhi kenyamanan kendaraan) dan *lateral stiffness* (mempengaruhi pengendalian dan berbelok) sehingga



dapat mencapai performa baru yang tidak dapat diraih oleh ban dengan udara yang saat ini banyak digunakan.

Pada jangka pendek, riset mengenai Tweel dilakukan untuk meningkatkan performa ban konvensional. Di masa depan, Tweel dapat merevolusi ban konvensional yang telah ada selama ini dengan tidak perlunya mengecek tekanan ban dan menambah udara ban, tidak ada lagi kebocoran ban pada kecepatan tinggi serta tidak perlunya menyeimbangkan traksi dan kenyamanan bagi kendaraan. (Hanlon, 2009)

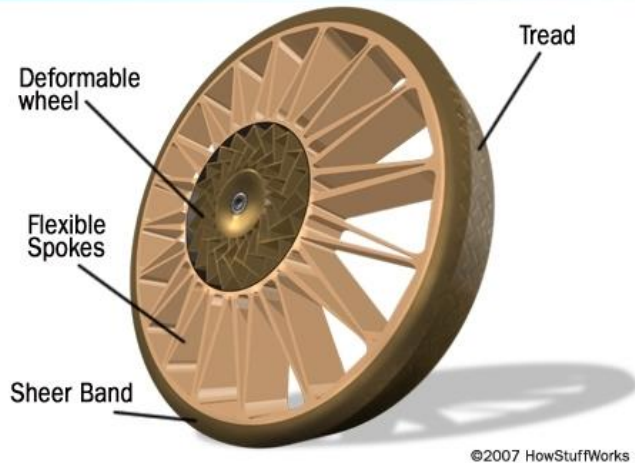
Non pneumatic tire (NPT) adalah kombinasi ban sekaligus roda tanpa angin dengan *tread* rubber yang terikat pada pusat roda dengan bantuan *spokes* dari poliuretan. Ban NPT menargetkan tingkat *performance* yang melampaui kemungkinan pada teknologi ban *pneumatic* konvensional dengan desain *shear band*, penambahan suspensi, dan pengurangan *rolling resistance*-nya. Ban NPT dapat menerima kapasitas beban selayaknya ban *pneumatic*, kenyamanan berkendara, tidak ada rongga udara bertekanan, dan tidak mengalami kegagalan oleh hilangnya tekanan udara.

Ban NPT biasanya memiliki rolling opposition yang tinggi dan memberikan suspensi yang lebih sedikit dibanding ban *pneumatic* dengan bentuk dan ukuran yang sama. Masalah lain dari ban NPT menampung panas yang terbentuk ketika ban dikendarai (Umesh, 2016).

Ban NPT seperti pada gambar 2.7, tersusun atas *hub*, *ring*, *tread*, dan *spokes*. *Hub* terbuat dari aluminium sebagai penghubung ban NPT dengan velg. *Ring* berfungsi untuk menjaga bentuk dari ban. *High strength steel* digunakan sebagai bahan dari *ring*. Dan *material properties* untuk komponen ban NPT (Tohantoro, 2013). Komponen pada Ban Non-Pneumatic ditunjukkan oleh Gambar 2.8 dan *material properties* ban non-pneumatic ditunjukkan pada Tabel 2.5.



### How the Tweel Airless Tire Works



**Gambar 2.8** Komponen Ban *Non-Pneumatic*  
(howstuffworks, 2007)

**Tabel 2.5** *Material properties* Ban *Non-Pneumatic*

Part	Material	Young modulus (Gpa)	Possion rasio
Spoke	Poliuretan	1,5	0,43
Hub	Aluminium	72	0,33
Ring	High strength steel	210	0,29

Sumber: Arief, 2013

*Tread* adalah lapisan karet yang mengelilingi roda dan menyentuh jalan. *Flexible spokes* terbuat dari material polyurethane yang fleksibel, membantu menyerap beban yang dihasilkan jalan. *Sheer band* merupakan bagian yang mengelilingi *spokes* berfungsi seperti tekanan udara untuk mendistribusi beban. *Deformable wheel* terletak di antara *spokes* dan *hub*, yang terdeformasi bersama dengan *flexible spokes* saat ada beban dari jalan. *Hub* adalah bagian *rigid* penyambung roda ke as.



Kelebihan Tweel dibandingkan ban konvensional antara lain, ban ini tidak terlalu banyak membutuhkan *maintenance*, material yang digunakan 100% *recycleable*, *rolling resistance* yang rendah sehingga mengurangi emisi CO<sub>2</sub> serta meningkatkan efisiensi konsumsi bahan bakar, stabilitas yang lebih tinggi, kekuatan aus tinggi, menghilangkan kemungkinan pecah ban dalam kecepatan tinggi, tetap bisa digunakan walaupun beberapa *spoke* rusak, *lifetime* yang panjang, tidak terpengaruh tembakan senjata api maupun ledakan bom atau ranjau. (Gardiner, 2015)

## 2.8 Material dan Distribusi Berat NPT

Manibalan dkk (2013) memaparkan material dan distribusinya pada ban NPT, distribusi material dan berat dapat dilihat pada Tabel 2.6.

**Tabel 2.6** Distribusi Material dan Berat

Raw	Shear band	Tread	Spokes	Hub	Total weight
Raw material	Wt %	Wt %	Wt %	Wt %	Wt %
Synthetic rubber	0	41	0	0	1.15
Natural rubber	0	4	0	0	.10
Carbon black	0	10	0	0	.26
Silica	0	28	0	0	.77
Sulfur	0	1	0	0	.02
Zno	0	1	0	0	.03
Oil	0	11	0	0	.29
Stearic acid	0	1	0	0	.04
Recycled rubber	0	0	0	0	0
Coated wires	10	0	0	0	.62
Textile	0	0	0	0	0
Polyurethane	90	0	100	0	8.44
Steel	0	0	0	100	4.0
Total%	100	100	100	100	
Weight	6.35	2.75	2.65	4	15.75

Sumber: Manibalan, 2013



## 2.9 Spokes

*Spokes* adalah beberapa *rods* yang berpusat di tengah roda, menghubungkan *hub* dengan permukaan traksi lingkaran. *Spoke* biasa disebut ruji ban berperan sebagai penghubung *rim* dan *hub* menjadi penunjang kekuatan sebuah wheelset. *Material properties* dari *Spokes* pada NPT saat yang digunakan saat ini dapat dilihat pada Tabel 2.7.

*Spoke* dari *airless tyre* harus memiliki kekakuan serta resilien di bawah tegangan siklik-pembebanan kompresi. Pada umumnya, kekakuan dan resilien adalah sifat yang bertolak belakang, jika material memiliki modulus tinggi, hal itu menunjukkan bahwa batas regangan elastisnya rendah, dan sebaliknya. Sehingga tantangan yang ada adalah mendesign material yang memiliki kekakuan tinggi dan resilien tinggi. Karena tidak ada material konvensional yang memenuhi kebutuhan ini, solusi akan diraih dengan ruang desain yang besar yang dihasilkan oleh material dasar selular dan geometri selular.

Karena hal tersebut, *engineer* juga berusaha mengembangkan *airless tyre* dengan menggunakan elastomer atau dengan membuat spokes berbentuk seperti poligon untuk menggantikan udara pada ban konvensional (Samuel, 2015).

**Tabel 2.7** *Material Properties* dari *Spokes* yang Digunakan Saat Ini

<i>Part</i>	<i>Spokes</i>
<i>Material</i>	<i>Polyurethane</i>
<i>Density</i> <i>P, kg/m<sup>3</sup></i>	1200
<i>Youngs Modulus E (MPa)</i>	32
<i>Poissons Ratio, v</i>	0.49
<i>Yield Strength</i> <i>(MPa)</i>	140

Sumber: Mangalath, 2015



## 2.10 Produk Komersil NPT

Saat ini sudah cukup banyak perusahaan ban yang mengembangkan dan memproduksi ban *non pneumatic*. Beberapa di antaranya adalah Michelin, Bridgestone, dan Hankook. Ban *airless* ini masih dalam tahap pengembangan bagi penggunaan kendaraan sehari-hari, namun dalam penggunaan kendaraan seperti *golf cart* dan *skidsteer*, ban *airless* telah diperjual belikan secara komersial. Beberapa contoh produk komersil dari ban *non pneumatic* dapat dilihat pada Gambar 2.9, Gambar 2.10, dan Gambar 2.11.



**Gambar 2.9** Michelin Airless Tyre (michelin, 2005)



**Gambar 2.10** Bridgestone Airless Tyre (bridgestone. 2013)



**Gambar 2.11** Hankook Airless Tyre (hankook, 2015)

Selain digunakan pada kendaraan konvensional, pemakaian *airless tyre* juga telah diaplikasikan bagi kendaraan militer, salah satunya adalah pada kendaraan militer jenis Humvee.

*High Mobility Multipurpose Wheeled Vehicle* atau yang biasa dikenal dengan Humvee adalah tulang punggung dalam armada kendaraan tentara USA, ketangguhannya sudah terbukti di lapangan. Namun seiring dengan berjalannya waktu, teknologi militer semakin berkembang dan penggunaan *armor* serta senjata tambahan semakin meningkat. Hal ini menyebabkan turunnya tingkat mobilitas dari kendaraan, dan akan sangat terasa akibatnya ketika kendaraan mengalami kerusakan. Saat terkena serangan, kendaraan diharapkan masih tetap bergerak, namun dengan beban yang berat dan teknologi ban konvensional, hal tersebut sangatlah sulit. Ban konvensional yang digunakan saat ini tidak dapat memenuhi ekspektasi perjalanan setelah kerusakan parah.

Teknologi *airless tyre* dapat mengatasi masalah yang terjadi saat ini. Selain tanpa perlunya udara sehingga tidak perlu khawatir adanya kebocoran, ban ini juga dapat tetap bergerak meskipun struktur *honeycomb* pada *flexible spokes* mengalami kerusakan.

Desain *Honeycomb* dipilih karena memberikan kekakuan serta fleksibilitas yang tinggi. Untuk beban yang lebih berat,





polimer yang lebih kaku dapat digunakan, dan untuk beban yang lebih ringan dan pengalaman berkendara yang lebih nyaman, polimer yang lebih fleksibel dapat digunakan. Sebagai tambahan, struktur *honeycomb* dapat meningkatkan disipasi panas dan mengurangi vibrasi, mengurangi aus pada ban.

Uji balistik telah dilakukan dengan peluru berkaliber tinggi ditembakkan ke arah ban dan struktur *honeycomb* dan hasil yang didapat hanyalah penurunan performa yang tidak signifikan. Uji simulasi mengindikasikan bahwa ban akan tetap beroperasi walaupun sebagian besar *honeycomb* telah rusak (Bothe, 2008). Struktur *honeycomb* dari *airless tyre* kendaraan militer dapat dilihat pada Gambar 2.12.



(a)



(b)

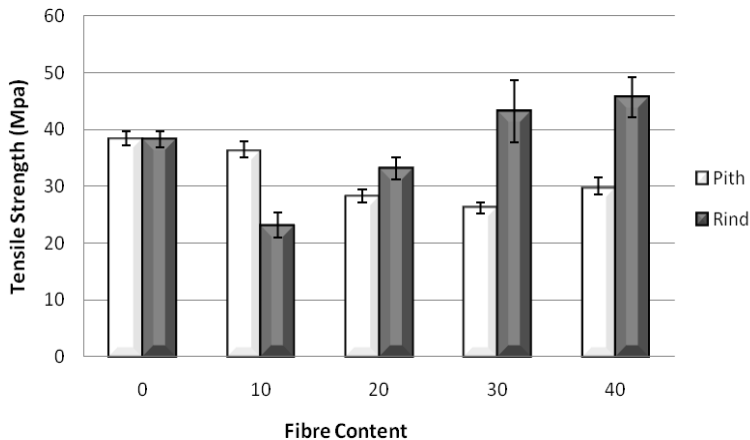
**Gambar 2.12** (a) *Honeycomb Airless Tyre* pada Humvee dan (b) *close-up* dari *Airless Tyre*





## 2.11 Penelitian Terdahulu

Untuk penelitian tentang serat tebu yang terdahulu sudah dibuat oleh Riza Wirawan, Mohd. Sapuan Salit, dan Robiah Yunus berjudul “*Sugarcane bagasse-filled poly (vinyl chloride) composites: An alternative use of sugarcane bagasse*” didapatkan data mengenai sifat mekanik dari komposit yang dapat dilihat pada Gambar 2.13

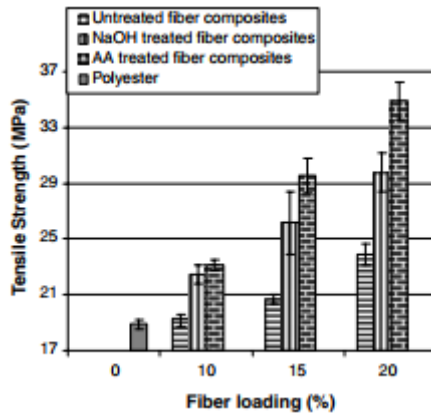


**Gambar 2.13** Hasil Uji Tarik Komposit PVC/Serat Tebu (Wirawan, 2010)

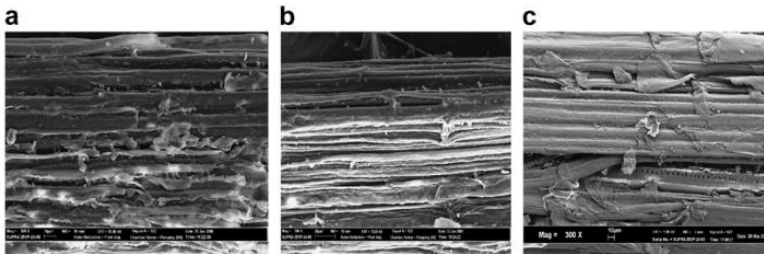
Penelitian yang dilakukan oleh Vilay, Mariatti, Mat Taib, dan Mitsugu Todo tentang komposit *unsaturated polyester resin* (USP)/Serat Tebu menunjukkan bahwa *surface treatment* dari serat tebu dapat meningkatkan sifat mekanik dari komposit, hal ini ditunjukkan pada Gambar 2.14. *Chemical treatment* yang dilakukan menggunakan *sodium hydroxide* (NaOH) dan *acrylic acid* (AA). Hasil uji SEM menunjukkan bahwa *surface*



*modification* meningkatkan interaksi matriks-*fiber* ditunjukkan pada Gambar 2.15.



**Gambar 2.14** Hasil Uji Tarik Komposit USP/Serat Tebu (Vilay, 2008)



**Gambar 2.15** Hasil Uji SEM pada *Fiber* (a) tanpa perlakuan (b) dengan NaOH dan (c) dengan AA (Vilay, 2008)

Penelitian yang dilakukan Zheng pada 2006 menunjukkan bahwa komposit PVC/Serat Tebu yang pada *fillernya* dilakukan



*surface treatment* juga menunjukkan adanya kenaikan dari sifat mekanik, hal ini ditunjukkan pada Tabel 2.8.

**Tabel 2.8.** Hasil Uji Tarik Komposit PVC/Serat Tebu

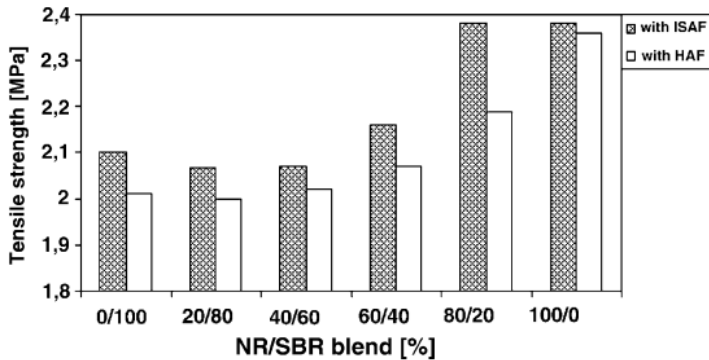
Composite	Factors			Tensile strength (MPa)
	A	B	C	
1	1	1	1	42.30
2	1	2	2	43.49
3	1	3	3	43.61
4	2	1	2	43.33
5	2	2	3	45.84
6	2	3	1	48.45
7	3	1	3	49.29
8	3	2	1	45.67
9	3	3	2	52.15
10	3	3	1	51.86
11 <sup>a</sup>				57.18
12 <sup>b</sup>				38.53

<sup>a</sup> Pure PVC.

<sup>b</sup> Untreated BF/PVC composite.

Sumber: Zheng, 2006

Gambar 2.16 menunjukkan hasil penelitian tentang SBR yang dilakukan oleh Findik pada 2004. Dapat dilihat SBR memiliki *tensile strength* sekitar 2-2,4 MPa serta pengaruh dari *filler* berupa *carbon black* dengan tipe ISAF dan HAF juga berpengaruh terhadap sifat mekanik SBR.



**Gambar 2.16** Hasil Uji Tarik Campuran NR/SBR (Findik, 2004)

Penelitian yang dilakukan oleh Singh dkk. pada 2013 menunjukkan pengaruh penambahan *carbon black* pada peningkatan sifat mekanik dari SBR. Rancangan percobaan ini dapat dilihat pada Tabel 2.9 dan hasil dari percobaan dapat dilihat pada Tabel 2.10

**Tabel 2.9** Rancangan Percobaan

Sample code	SBR	Zno	Stearic Acid	Carbon Black	Oil	TDQ	Sulphur	CBS	TMTD	Nano Clay
SBRN <sub>0</sub> C <sub>0</sub>	100	5.0	2.0	–	2.0	1.0	2.5	1.5	0.2	–
SBRN <sub>0</sub> C <sub>10</sub>	100	5.0	2.0	10	2.0	1.0	2.5	1.5	0.2	–
SBRN <sub>0</sub> C <sub>15</sub>	100	5.0	2.0	15	2.0	1.0	2.5	1.5	0.2	–
SBRN <sub>0</sub> C <sub>20</sub>	100	5.0	2.0	20	2.0	1.0	2.5	1.5	0.2	–
SBRN <sub>0</sub> C <sub>25</sub>	100	5.0	2.0	25	2.0	1.0	2.5	1.5	0.2	–
SBRN <sub>0</sub> C <sub>30</sub>	100	5.0	2.0	30	2.0	1.0	2.5	1.5	0.2	–
SBRN <sub>3</sub> C <sub>20</sub>	100	5.0	2.0	20	2.0	1.0	2.5	1.5	0.2	3.0
SBRN <sub>5</sub> C <sub>20</sub>	100	5.0	2.0	20	2.0	1.0	2.5	1.5	0.2	5.0
SBRN <sub>7</sub> C <sub>20</sub>	100	5.0	2.0	20	2.0	1.0	2.5	1.5	0.2	7.0
SBRN <sub>10</sub> C <sub>20</sub>	100	5.0	2.0	20	2.0	1.0	2.5	1.5	0.2	10.0
SBRN <sub>12</sub> C <sub>20</sub>	100	5.0	2.0	20	2.0	1.0	2.5	1.5	0.2	12.0

Sumber: Singh, 2013



**Tabel 2.10** Sifat Mekanik Hasil Pengujian

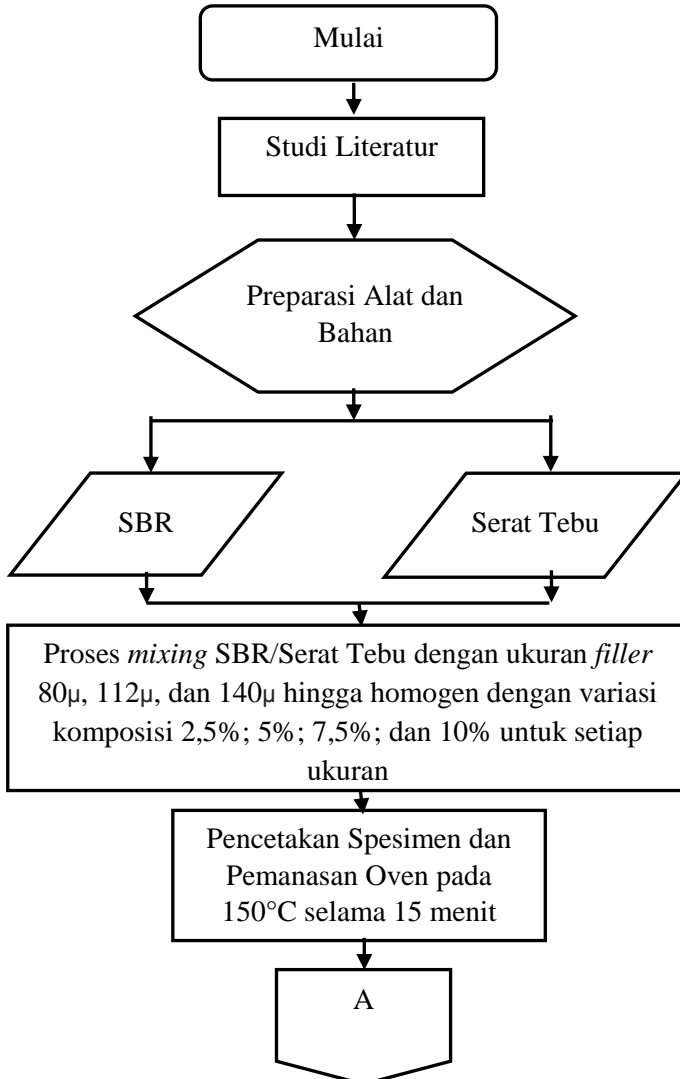
Sample code	Tensile strength (mpa)	Elongation at break (%)	Hardness	Tear strength (KN/m)
SBRN <sub>0</sub> C <sub>0</sub>	2.0±0.8	510±4	48	9.0±0.6
SBRN <sub>0</sub> C <sub>10</sub>	8.42±0.5	556±6	56	15.0±0.5
SBRN <sub>0</sub> C <sub>15</sub>	12.80±0.5	583±4	58	18.0±0.6
SBRN <sub>0</sub> C <sub>20</sub>	19.89±0.8	655±7	61	32.0±0.5
SBRN <sub>0</sub> C <sub>25</sub>	18.86±1.0	640±8	59	31.5±1.2
SBRN <sub>0</sub> C <sub>30</sub>	18.24±0.6	636±5	59	29.0±1.4
SBRN <sub>3</sub> C <sub>20</sub>	20.28±1.2	705±2	61	34.0±0.6
SBRN <sub>5</sub> C <sub>20</sub>	26.54±0.8	780±5	62	35.0±0.8
SBRN <sub>7</sub> C <sub>20</sub>	24.20±0.5	745±3	60	33.4±0.5
SBRN <sub>10</sub> C <sub>20</sub>	23.38±1.2	722±5	60	32.0±1.2
SBRN <sub>12</sub> C <sub>20</sub>	22.25±0.6	714±2	59	32.0±0.5

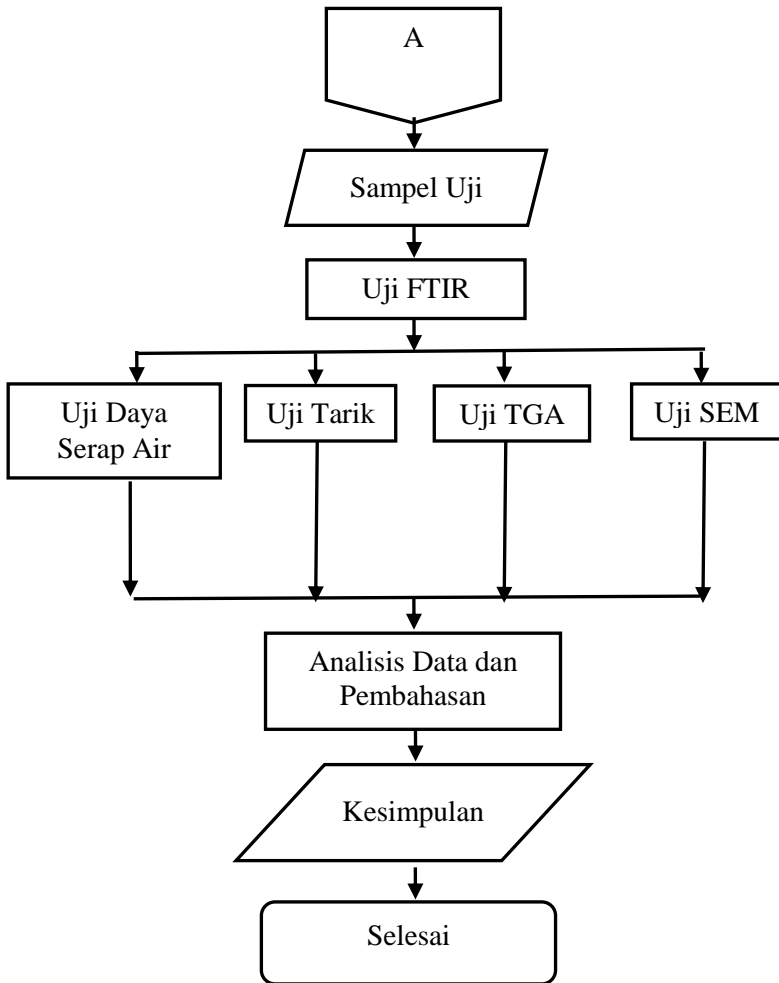
Sumber: Singh, 2013



### BAB III METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Diagram Alir Penelitian





**Gambar 3.1** Diagram Alir Penelitian



### 3.2 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. *Styrene Butadiene Rubber (SBR)*

SBR yang digunakan dalam penelitian ini didapat dari toko kimia yang berada di Bandung. SBR yang digunakan ditunjukkan pada Gambar 3.2.



**Gambar 3.2** *Styrene Butadiene Rubber*

2. Serat Tebu

Serat tebu yang digunakan dalam penelitian ini diolah dari sisa batang tebu. Batang tebu didapat dari penjual sari tebu di daerah Keputih. Serat tebu yang digunakan ditunjukkan pada Gambar 3.3.





**Gambar 3.3** Serat Tebu

### **3.3 Peralatan Penelitian**

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Timbangan Digital

Timbangan digital berfungsi untuk menimbang SBR dan serat tebu yang akan digunakan. Timbangan digital yang digunakan milik Laboratorium Fisika Material di Departemen Teknik Material. Timbangan digital ditunjukkan pada Gambar 3.4.



**Gambar 3.4** Timbangan Digital



2. Oven

Oven digunakan untuk memanaskan spesimen hingga 150°C. Oven yang digunakan milik Laboratorium Material Inovatif di Departemen Teknik Material. Oven ditunjukkan pada Gambar 3.5



**Gambar 3.5** Oven

3. Mesin Pencacah Organik

Mesin pencacah organik yang digunakan memiliki laboratorium kimia dan bahan alam milik Jurusan Teknik Kimia ITS. Mesin pencacah organik ditunjukkan pada Gambar 3.6.



**Gambar 3.6** Mesin Pencacah Organik

4. *Blender*

*Blender* digunakan untuk menghaluskan serat sebelum selanjutnya dilakukan *sieving*. *Blender* ditunjukkan pada Gambar 3.7.



**Gambar 3.7** *Blender*

5. *Mesin Sieving*

Mesin *sieving* digunakan untuk membuat ukuran serat menjadi homogen. Alat yang digunakan milik Laboratorium Fisika Material di Departemen Teknik Material ITS. Mesin *Sieving* ditunjukkan pada Gambar 3.8.



**Gambar 3.8** *Mesin Sieving*

6. *Mesin SEM (Scanning Electron Microscope)*

Mesin SEM digunakan untuk mengetahui morfologi dan ukuran serat. Mesin SEM yang digunakan milik laboratorium di Departemen Teknik Material FTI ITS. Mesin SEM ditunjukkan pada Gambar 3.9.



**Gambar 3.9** Mesin *Scanning Electron Microscope*

7. Mesin Uji Tarik

Mesin uji tarik yang digunakan milik Laboratorium Farmasi Universitas Airlangga. Mesin uji tarik ditunjukkan pada Gambar 3.10.



**Gambar 3.10** Mesin Uji Tarik

8. Mesin FTIR

Mesin FTIR yang digunakan milik laboratorium di Departemen Teknik Material ITS. Mesin FTIR ditunjukkan pada Gambar 3.11.



**Gambar 3.11** Mesin FTIR

9. Alat Uji Kekerasan

Uji kekerasan dilakukan dengan alat *durometer hardness shore A*. Alat uji kekerasan ditunjukkan pada Gambar 3.12.



**Gambar 3.12** Alat Uji Kekerasan

10. Mesin TGA

Mesin TGA yang digunakan milik Laboratorium Terpadu FMIPA Unesa. Mesin TGA ditunjukkan pada Gambar 3.13.



**Gambar 3.13** Mesin TGA

### 3.4 Variabel Penelitian

Variabel bebas yang digunakan pada penelitian ini adalah komposisi dan ukuran serat tebu, dengan komposisi 2,5%; 5%; 7,5%; dan 10% serta ukuran 140 $\mu$ , 112 $\mu$ , dan 80 $\mu$ .

### 3.5 Prosedur Penelitian

Untuk menghasilkan hasil penelitian yang sesuai dengan harapan, maka penelitian ini memiliki beberapa tahap percobaan yang dilakukan hingga didapatkan hasil berupa komposit SBR/Serat Tebu, yaitu:

#### 3.5.1 Pengolahan Serat Tebu

1. Menjemur serat tebu selama  $\pm 1$  minggu untuk menghilangkan kelembaban.
2. Melakukan *mechanical crushing* dengan mesin pencacah organik.
3. Menghaluskan serat dengan menggunakan *blender*.
4. Melakukan *sieving* sehingga didapat serat yang homogen dengan ukuran 140 $\mu$ , 112 $\mu$ , dan 80 $\mu$ .

#### 3.5.2 Pembuatan Komposit

1. Mengukur massa SBR dan serat tebu ukuran 140 $\mu$  dengan komposisi massa *filler* sebesar 2,5%; 5%; 7,5%; dan 10%.
2. Mencampurkan SBR dan serat tebu ke dalam satu wadah.



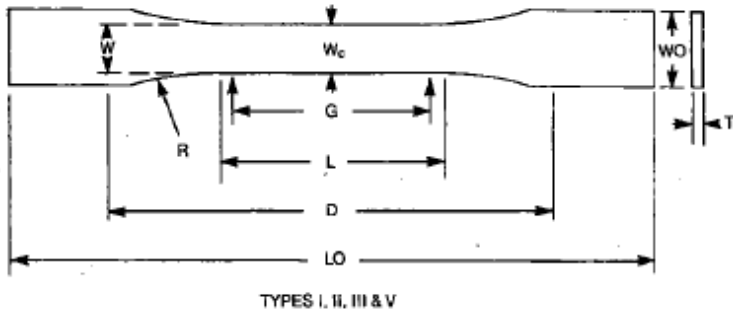
3. Mengaduk campuran SBR/serat tebu menggunakan *manual stirrer* selama 5 menit hingga homogen pada temperatur kamar.
4. Menuangkan hasil campuran ke dalam cetakan untuk dijadikan spesimen uji.
5. Memanaskan spesimen di dalam oven pada temperatur 150°C selama 15 menit.
6. Membiarkan spesimen mengeras pada temperatur kamar selama 30 menit kemudian mengeluarkan spesimen dari cetakan lalu memperhalus permukaan spesimen menggunakan *cutter* sebelum digunakan untuk pengujian.
7. Mengulang langkah 1-6 untuk serat tebu dengan ukuran 112 $\mu$ , dan 80 $\mu$ .

### **3.6 Pengujian**

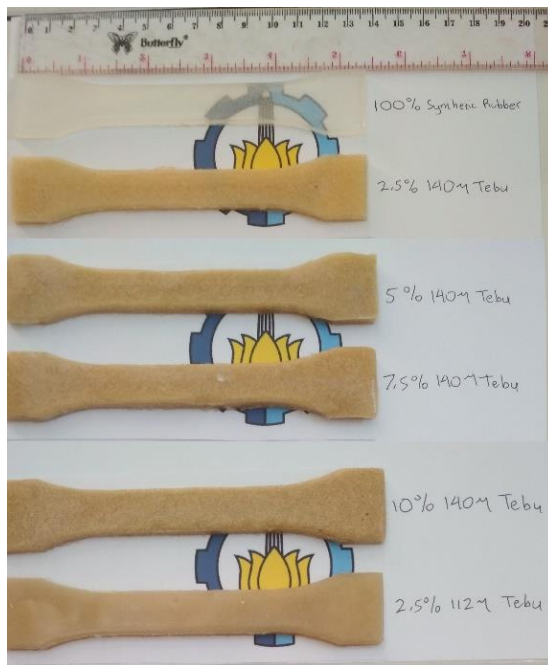
1. Pengujian *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR)  
Pengujian FTIR dilakukan di Laboratorium Karakterisasi Material Departemen Teknik Material FTI-ITS Surabaya menggunakan instrumen *Thermo Scientific Nicolet IS10*. Pengujian FTIR bertujuan untuk melihat adanya gugus fungsi tertentu yang terbentuk pada spesimen uji. Prinsip dasar pengujian FTIR adalah interaksi energi dengan suatu materi. Saat spesimen uji ditembakkan dengan sinar inframerah, atom-atom dalam spesimen uji akan bergetar atau bervibrasi sebagai akibat energi yang berasal dari sinar inframerah tidak cukup kuat untuk menyebabkan terjadinya atomisasi ataupun eksitasi elektron. Besar energi vibrasi setiap komponen molekul berbeda-beda tergantung pada kekuatan ikatan yang terdapat pada molekul.
2. Pengujian Tarik  
Uji tarik yang akan dilakukan pada praktikum ini sesuai dengan standar American Society for Testing Materials (ASTM) D638. Uji tarik dengan ASTM D638 untuk menganalisa perilaku polimer dengan pembebanan hingga kekuatan tarik maksimum dengan dimensi spesimen sesuai Gambar 3.14. Sementara



spesimen yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.15.



**Gambar 3.14** Dimensi Spesimen Uji Tarik.



**Gambar 3.15** Spesimen Uji Tarik





### 3. Pengujian TGA

Pengujian dilakukan untuk mengetahui stabilitas termal dari komposit. Pada prinsipnya metode ini mengukur berkurangnya massa material ketika dipanaskan dari temperatur kamar hingga temperatur tinggi. Alat TGA dilengkapi dengan timbangan mikro di dalamnya sehingga secara otomatis berat sampel setiap saat bisa terekam dan ditampilkan dalam bentuk grafik. Pelaksanaan pengujian ini dilakukan dengan menempatkan sampel di atas meja putar yang ada di dalam mesin. Selanjutnya dilakukan pengisian data berat awal untuk masing – masing sampel ke dalam sistem komputer di mana massa sampel pada umumnya sekitar 10-20mg. Kondisi dalam mesin dialiri udara kering dari tabung gas dengan kecepatan pengaliran tertentu. Program pengoperasian mesin berupa kecepatan pemanasan, jarak temperatur, dan pendinginan dilakukan dengan melalui pemasukan data ke komputer. Analisa dilakukan dengan menaikkan temperatur secara bertahap dan analisa berat terhadap temperatur, sehingga didapatkan kurva hasil pengujian berupa fungsi temperatur terhadap berat sampel.

### 4. Pengujian SEM

Pengujian SEM dilakukan di Laboratorium Karakterisasi Material Departemen Teknik Material FTI-ITS. Pengujian SEM bertujuan untuk mempelajari morfologi, ukuran partikel dan pori, serta bentuk partikel suatu material. Data hasil SEM berupa gambar dengan perbesaran serta grafik yang menunjukkan intensitas unsur tertentu yang terdapat pada spesimen uji. Prinsip dasar SEM adalah memfokuskan sinar elektron (*electron beam*) di permukaan obyek dan mengambil gambarnya dengan mendeteksi elektron yang muncul dari permukaan obyek. Jika elektron mengenai suatu benda maka akan timbul dua jenis pantulan yaitu pantulan elastis dan non-elastis. Dari pantulan non-elastis didapatkan sinyal elektron sekunder dan karakteristik sinar X. Sedangkan dari pantulan elastis didapatkan sinyal *backscattered electron* (BSE). Pada SEM, gambar dibuat berdasarkan deteksi BSE yang muncul dari permukaan sampel ketika permukaan sampel dipindai dengan



elektron. Elektron-elektron yang terdeteksi selanjutnya diperkuat sinyalnya, kemudian besar amplitudonya ditampilkan dalam gradasi gelap terang pada monitor CRT (*Cathode Ray Tube*).

#### 5. Pengujian Daya Serap Air

Pengujian serap air dilakukan untuk mengetahui nilai penyerapan air material komposit SBR/Serat Tebu. Dimensi spesimen dan prosedur yang digunakan menggunakan acuan ASTM D570 dengan modifikasi. Pengujian ini dilakukan dengan menyelupkan spesimen berukuran 1x1x0,5cm ke dalam *beaker glass*. Pengujian dilakukan dengan waktu imersi 96 jam. Pengujian dilakukan di Laboratorium Inovasi Material Departemen Teknik Material FTI-ITS.

Data yang diperoleh akan dimasukkan ke persamaan

$$DSA = \frac{M_2 - M_1}{M_1} \times 100\% \quad \text{Persamaan (3.1)}$$

Keterangan:

$M_1$  = Massa sebelum perendaman (gr)

$M_2$  = Massa setelah perendaman (gr)



### 3.7 Rancangan Penelitian

**Tabel 3.1 Rancangan Penelitian**

Material (%Massa)				Kode Sampel	Pengujian					
SBR	Serat Tebu 140 $\mu$	Serat Tebu 112 $\mu$	Serat Tebu 80 $\mu$		Uji FTIR	Uji Kekerasan	Uji Tarik	Uji TGA	Uji SEM	Uji Daya Serap Air
100	0	0	0	NET SBR	✓	✓	✓	✓	✓	✓
97,5	2,5	0	0	A1	X	✓	✓	X	X	X
95	5	0	0	A2	X	✓	✓	X	✓	✓
92,5	7,5	0	0	A3	X	✓	✓	X	X	X
90	10	0	0	A4	X	✓	✓	X	✓	✓
97,5	0	2,5	0	B1	X	✓	✓	X	X	X
95	0	5	0	B2	X	✓	✓	X	X	X
92,5	0	7,5	0	B3	X	✓	✓	X	X	X
90	0	10	0	B4	X	✓	✓	X	X	X
97,5	0	0	2,5	C1	X	✓	✓	X	X	X
95	0	0	5	C2	X	✓	✓	✓	✓	✓
92,5	0	0	7,5	C3	X	✓	✓	X	X	X
90	0	0	10	C4	✓	✓	✓	✓	✓	✓



## BAB IV

### ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini merupakan rekayasa *Styrene Butadiene Rubber* dengan campuran serat tebu dalam berbagai komposisi dan ukuran serat. Dari proses pencampuran tersebut diperoleh komposit sebagai berikut, SBR/Serat Tebu 140 $\mu$  dengan komposisi 2,5%; 5%; 7,5%; dan 10% lalu SBR/Serat Tebu 112 $\mu$  dengan komposisi 2,5%; 5%; 7,5%; dan 10% kemudian SBR/Serat Tebu 80 $\mu$  dengan komposisi 2,5%; 5%; 7,5%; dan 10%. Komposit yang telah terbentuk kemudian dikarakterisasi dan dianalisa untuk diketahui sifat mekanik serta morfologinya.

#### 4.1 Pengujian FTIR Komposit SBR-Serat Tebu

Identifikasi dari komposit dilakukan dengan menggunakan mesin FTIR. Beberapa sampel diuji dan dianalisa dengan FTIR untuk mengidentifikasi gugus fungsi serta ikatan kimia yang muncul pada sampel tersebut.

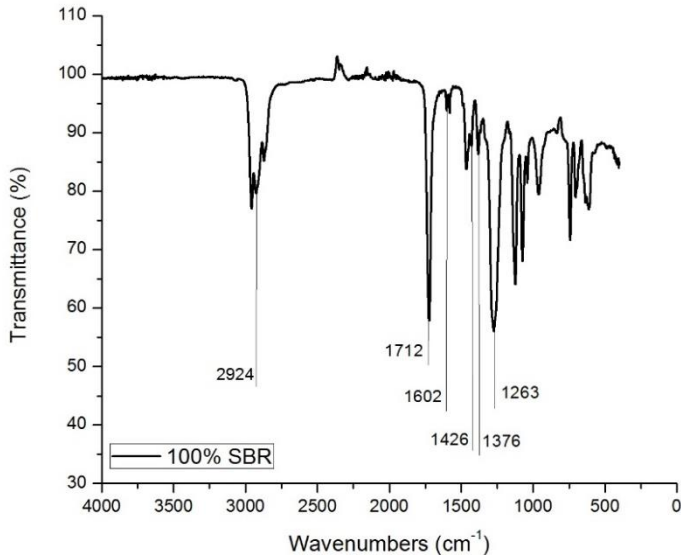
Sampel yang digunakan dalam uji ini adalah 100% SBR, 10% Serat Tebu 80  $\mu$ , dan 100% serat tebu.

##### 4.1.1 Hasil FTIR 100% SBR

Hasil FTIR untuk 100% SBR dapat dilihat pada Gambar 4.1. Dari hasil pengujian tersebut dapat dilihat bahwa *styrene butadiene rubber* menunjukkan peregangan C-H pada grup CH<sub>2</sub> di puncak spektrum pada bilangan gelombang 2924cm<sup>-1</sup>. Pada bilangan gelombang 1712cm<sup>-1</sup> juga terdapat puncak, puncak ini menunjukkan *bending* C-H pada cincin aromatik. Puncak pada 1602cm<sup>-1</sup> menunjukkan peregangan C=C pada cincin aromatik. Dapat dilihat *bending* =CH<sub>2</sub> pada grup CH<sub>2</sub>=CH- pada bilangan gelombang 1426cm<sup>-1</sup>, Pada puncak spektrum bilangan gelombang 1376cm<sup>-1</sup> dapat dilihat *bending* C-H pada grup CH<sub>2</sub>. Dan pada bilangan gelombang 1263cm<sup>-1</sup> terlihat *bending* C-H pada *cis-polybutadiene*.



Daerah serapan infra merah dapat dilihat pada Tabel 4.1. Menurut penelitian sebelumnya (Orlov, 2013) hasil dari uji FTIR ini menunjukkan 100% SBR berhasil terbentuk.



**Gambar 4.1** Grafik FTIR 100% SBR



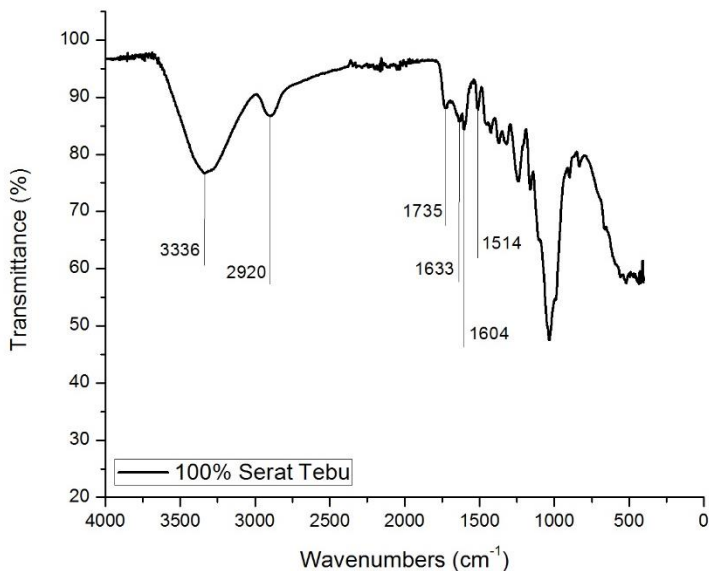
**Tabel 4.1** Daerah Serapan Infra Merah SBR

Daerah Serapan ( $\text{cm}^{-1}$ )	Gugus
2956	Peregangan $=\text{CH}_2$ pada grup $\text{CH}_2=\text{CH}-$
2924	Peregangan C-H pada grup $\text{CH}_2$
2871	Peregangan C-H pada grup $\text{CH}_2$
1712	<i>Bending</i> C-H pada cincin aromatik
1602	Peregangan C=C pada cincin aromatik
1579	Peregangan C=C pada cincin aromatik
1463	<i>Bending</i> C-H pada grup $\text{CH}_2$
1426	<i>Bending</i> $=\text{CH}_2$ pada grup $\text{CH}_2=\text{CH}-$
1376	<i>Bending</i> C-H pada grup $\text{CH}_2$
1263	<i>Bending</i> C-H pada <i>cis-polybutadiene</i>
1122	<i>Bending</i> C-H pada cincin aromatik
1072	<i>Bending</i> C-H pada cincin aromatik
1039	<i>Bending</i> C-H pada cincin aromatik
960	<i>Bending</i> C-H pada <i>trans-RCH=CHR</i>
741	<i>Bending</i> C-H pada cincin aromatik
703	<i>Bending</i> C-H pada cincin aromatik



#### **4.1.2 Hasil FTIR 100% Serat Tebu**

Hasil FTIR sampel 100% Serat Tebu pada bilangan gelombang yang teramati pada  $3336\text{cm}^{-1}$  menunjukkan adanya peregangan O-H yang merupakan karakteristik dari lignin dan karbohidrat. Penyerapan pada  $2920\text{cm}^{-1}$  menunjukkan peregangan dari  $\text{CH}_2$  dan  $\text{CH}$ , yang menandakan karakteristik dari selulosa. Lalu panjang gelombang  $1735\text{cm}^{-1}$  menunjukkan peregangan  $\text{C=O}$  yang ada pada hemiselulosa (Corrales, 2012). Panjang gelombang pada  $1633\text{cm}^{-1}$  disebabkan karena adanya vibrasi  $\text{C=C}$ , kemudian panjang gelombang pada  $1604\text{cm}^{-1}$  disebabkan karena adanya peregangan  $\text{C=C}$ , kedua panjang gelombang ini biasanya ditemukan pada struktur lignin aromatik. Pada  $1514\text{cm}^{-1}$  terdapat peregangan  $\text{C=C}$  dari cincin aromatik pada lignin (Chandel, 2014). Hasil FTIR dan daerah serapan infra merah dari 100% Serat Tebu dapat dilihat pada Gambar 4.2 dan Tabel 4.2.



**Gambar 4.2** Grafik FTIR 100% Serat Tebu



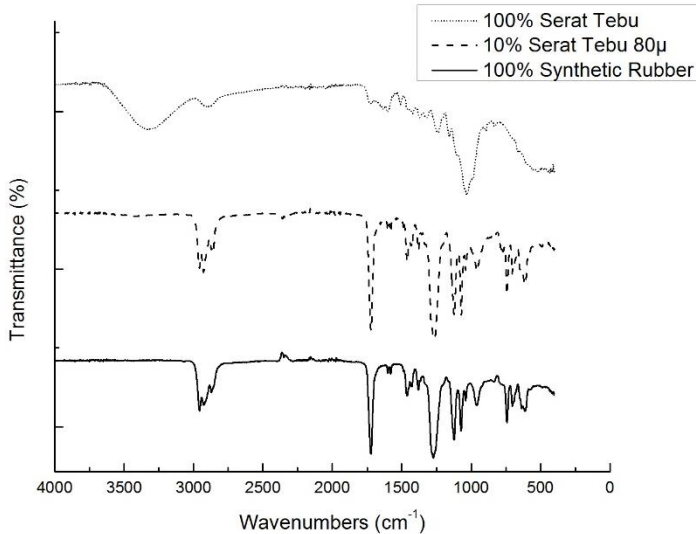
**Tabel 4.2** Daerah Serapan Infra Merah Serat Tebu

Daerah Serapan ( $\text{cm}^{-1}$ )	Gugus
3336	Peregangan O-H
2920	Peregangan $\text{CH}_2$ dan CH
1735	Peregangan C=O
1633	Vibrasi C=C
1604	Peregangan C=C
1514	Peregangan C=C
1421	Deformasi angular C-H alifatik
1370	Vibrasi O-H
1239	Peregangan C-O
1158	Peregangan O-H
1032	Peregangan O-H

#### 4.1.3 Hasil FTIR 10% Serat Tebu 80 $\mu$

Dilakukan pula uji FTIR untuk 10% Serat Tebu dengan tujuan mengetahui apakah terjadi ikatan kimia antara matriks dan serat. Hasil pengujian ditunjukkan pada Gambar 4.3. Dari gambar terlihat bahwa komposit tidak memiliki perbedaan gelombang yang signifikan dengan kontrol. Hal ini menunjukkan bahwa tidak terjadi reaksi kimia antara *Synthetic Butadiene Rubber* dengan serat tebu. Sehingga dapat dikatakan bahwa SBR memperkuat serat tebu dengan fraksi massa tertentu tidak menyebabkan perubahan ikatan kimia.



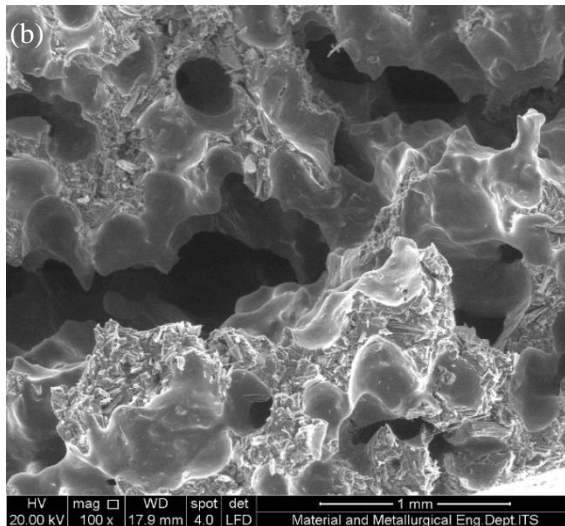
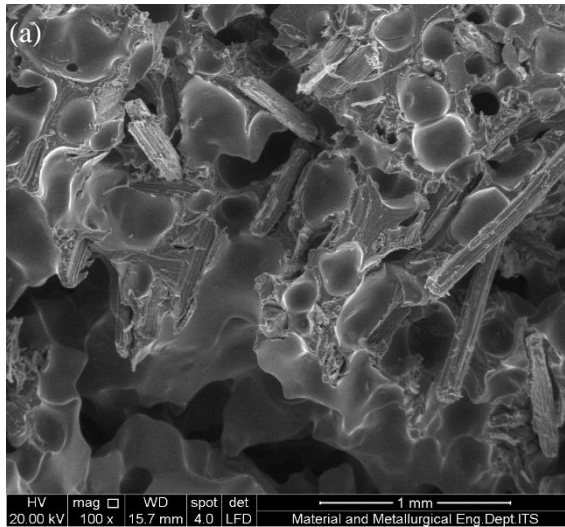


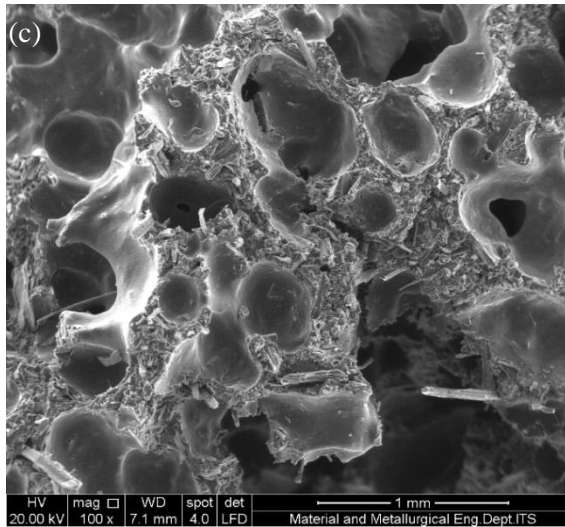
**Gambar 4.3** Hasil Uji FTIR 10% Serat Tebu

#### 4.2 Pengujian SEM Komposit SBR-Serat Tebu

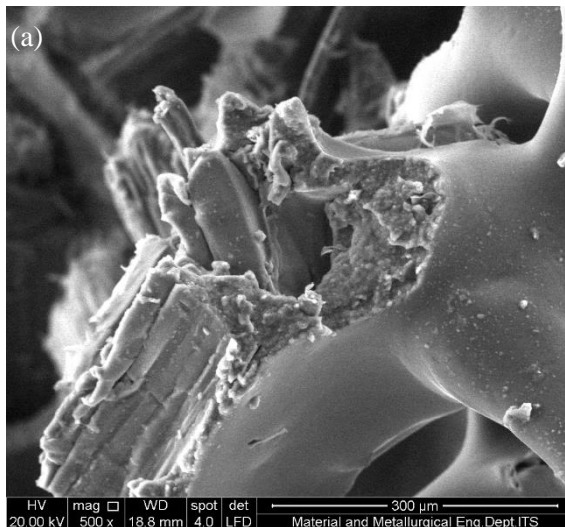
Analisa morfologi dilakukan untuk mengamati ikatan antara SBR dengan serat tebu. Analisa morfologi dilakukan menggunakan instrumen *Scanning Electron Microscope* (SEM) untuk mengamati morfologi ikatan secara mikro dari spesimen.

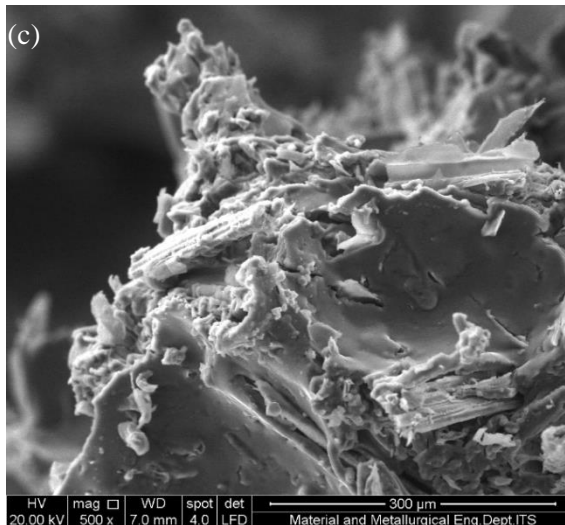
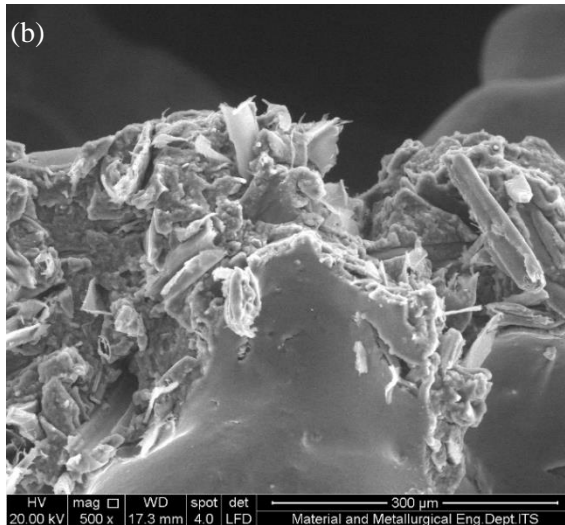
Analisa morfologi menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM) menghasilkan gambar dengan perbesaran 100x, 500x, dan 2000x untuk spesimen 2,5%; 5%; dan 10% Serat Tebu 80μ. Gambar tiap perbesaran dapat dilihat pada Gambar 4.4, Gambar 4.5, dan Gambar 4.6.



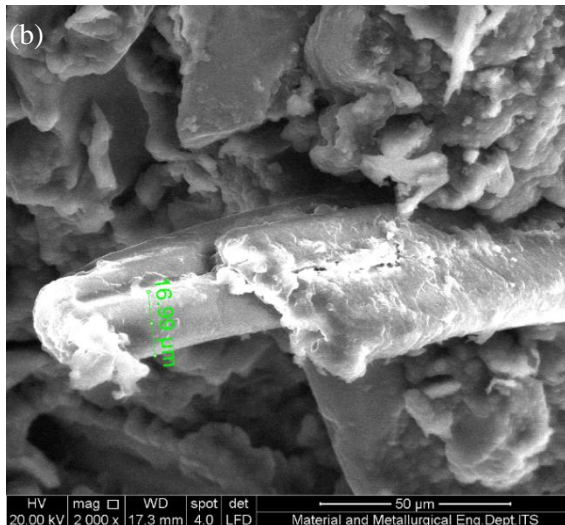
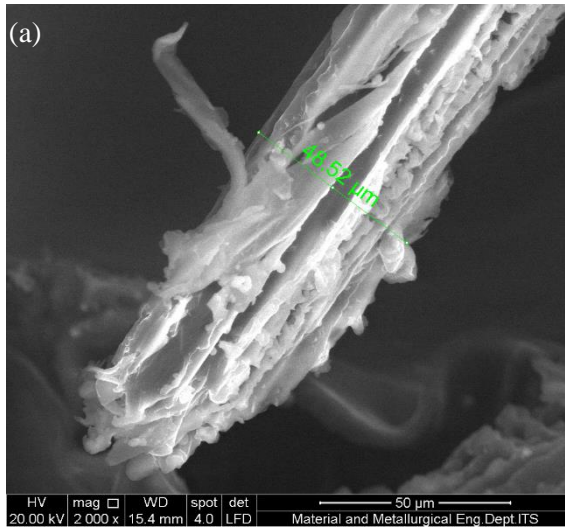


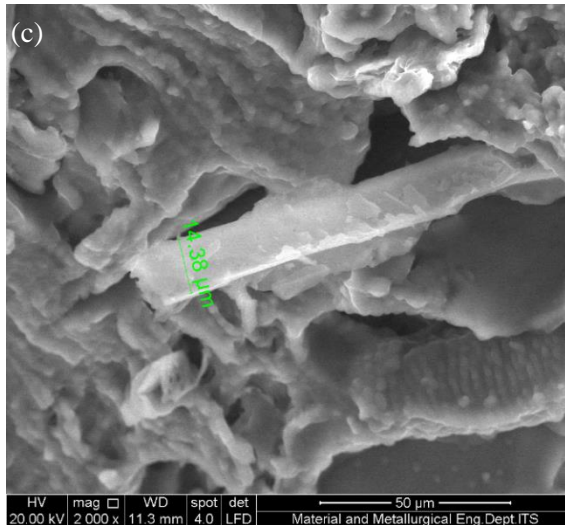
**Gambar 4.4** Hasil SEM *cross section* SBR/Serat Tebu 80 $\mu$  Perbesaran 100x pada variasi komposisi (a) 2,5%; (b) 5%; dan (c) 10%





**Gambar 4.5** Hasil SEM *cross section* SBR/Serat Tebu 80 $\mu$  Perbesaran 500x pada variasi komposisi (a) 2,5%; (b) 5%; dan (c) 10%





**Gambar 4.6** Hasil SEM *cross section* SBR/Serat Tebu 80 $\mu$  Perbesaran 2000x pada variasi komposisi (a) 2,5%; (b) 5%; dan (c) 10%

Dari perbesaran 100x dapat dilihat morfologi dari komposit yang terbentuk. Terlihat bahwa *filler* serat tebu tersebar secara acak pada matriks, hal ini menunjukkan bahwa matriks dan *filler* dapat berikatan secara fisik. Pada komposisi 10% dapat dilihat lebih banyak serat yang tersebar pada matriks namun tidak memberi penguatan berarti, namun pada komposisi 2,5%, dengan sedikit serat tebu namun lebih efektif memberi penguatan. Kemudian terlihat juga gelembung-gelembung yang terbentuk mengakibatkan ruang kosong pada komposit, hal ini dapat menurunkan sifat mekanik dari komposit yang terbentuk.

Pada perbesaran 500x dapat dilihat pola patahan dari komposit yang terbentuk. Hasil menunjukkan bahwa terjadi putus di ujung serat, hal ini berarti matriks cukup kuat mengikat *filler* sehingga saat dilakukan pengujian tarik, *filler* tidak terlepas dari tempatnya pada matriks.

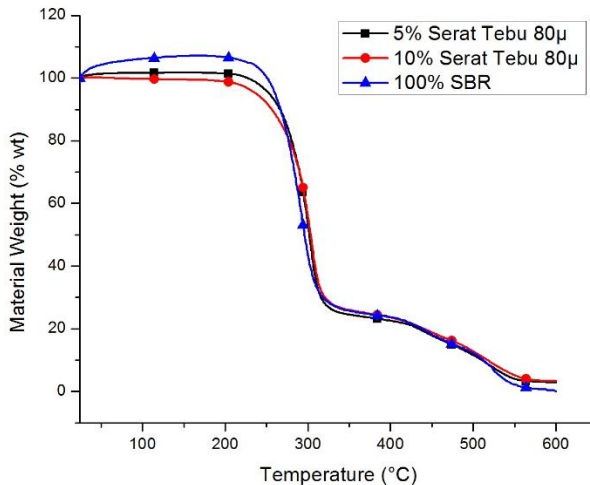


Kemudian pada perbesaran 2000x bisa dilihat ukuran serat bernilai di bawah  $80\mu$ . Terlihat ada ruang kosong di antara matriks dan *filler*, hal ini menunjukkan ikatan yang kurang baik antara keduanya sehingga efek penguatan tidak optimal.

#### **4.3 Pengujian TGA Komposit SBR-Serat Tebu**

Dilakukan pengujian TGA untuk mengetahui stabilitas termal dari komposit yang terbentuk. Hasil pengujian TGA dapat dilihat pada Gambar 4.7. Material yang diuji pada uji TGA ini terdiri dari 5% serat tebu  $80\mu$ , 10% serat tebu  $80\mu$ , dan 100% SBR. Sampel yang diuji mengalami proses pengurangan massa atau dekomposisi massa selama proses pemanasan. Kemudian pengurangan massa sampel ini diubah menjadi persentase pengurangan berat sampel (% berat). Temperatur awal dekomposisi material komposit yang diuji TGA dihitung ketika material mengalami dekomposisi massa sebesar 5% (Wang dan Qi, 2015). Hal ini dikarenakan oleh stabilitas termal dari polimer dipengaruhi oleh pengurangan 5% berat awal polimer. Semakin tinggi temperatur yang dibutuhkan untuk mengurangi berat sampel hingga 5%, maka semakin stabil jenis polimer tersebut (Zhang, 2011).





**Gambar 4.7** Hasil Pengujian TGA

Dari gambar dapat dilihat hasil pengujian TGA 100% SBR mengalami kenaikan persen massa pada tahap awal degradasi, hal ini dapat disebabkan karena *buoyancy effect*. Dalam analisa TGA *buoyancy* adalah gaya ke atas pada sampel yang disebabkan oleh atmosfer sekitar, sehingga akan mempengaruhi pengukuran massa pada eksperimen TGA. *Buoyancy effect* terjadi saat densitas dari atmosfer dalam mesin berkurang seiring dengan naiknya temperatur, sehingga menghasilkan penambahan massa. Perlu diingat bahwa hal ini bergantung pula pada volume dari sampel dan densitas atmosfer (Khimi, 2015).

Stabilitas termal material komposit SBR/Serat Tebu tidak berubah seiring dengan penambahan komposisi Serat Tebu 80μ. Secara umum dapat dikatakan bahwa penambahan komposisi *filler* pada komposit tidak mengakibatkan meningkatnya stabilitas termal.

Temperatur awal dekomposisi material komposit SBR/Serat Tebu dengan komposisi serat tebu sebesar 0%, 5%, dan 10% seluruhnya relatif sama yaitu pada 245°C. Dapat dilihat lebih lanjut pada Tabel 4.3.





Sampel 100% SBR mengalami pengurangan massa secara drastis pada temperatur 265°C, pada sampel 5% Serat Tebu pengurangan massa secara drastis dimulai pada temperatur 277°C dan sampel 10% Serat Tebu memiliki pengurangan massa secara drastis yang dimulai pada temperatur 280°C.

Dengan mengetahui penyusutan massa terhadap temperatur, dapat diketahui bahwa material ini akan bekerja secara optimal apabila diaplikasikan di bawah temperatur 250°C.

Penyusutan masa pada polymer, terjadi oleh karena lepasnya atom-atom hidrogen dari ikatan hidrokarbon polimer. Terlepasnya atom hidrogen ini disebabkan dari energi input yang berasal dari panas. Terlepasnya hidrogen dari ikatan hidrokarbon akan semakin meningkat dengan kenaikan temperatur sehingga massa polymer semakin lama akan semakin berkurang (Beyler, 2002).

**Tabel 4.3** Hasil Pengujian TGA Material Komposit SBR/Serat Tebu

Material	Temperatur Degradasi 5% Massa (°C)	Temperatur Degradasi 10% Massa (°C)	Presentase Massa pada 600°C (%)
100% SBR	245	267	0
5% Serat Tebu	246	267	2,89
10% Serat Tebu	248	268	3,28

Dapat disimpulkan bahwa, penambahan komposisi serat tebu pada material komposit SBR/Serat Tebu tidak dapat meningkatkan sifat stabilitas termal material komposit tersebut.



#### 4.4 Pengujian Tarik Komposit SBR-Serat Tebu

Pengujian kekuatan tarik dengan menggunakan mesin uji tarik dengan standar pengujian ASTM D638. Pengujian tarik dilakukan pada spesimen untuk mengetahui nilai maksimum kekuatan tarik.

##### 4.4.1 Spesimen Uji Tarik

Dibuat 13 spesimen yang akan digunakan untuk uji tarik yang terdiri atas 100% SBR, komposit SBR/Serat Tebu 140 $\mu$  dengan komposisi 2,5%; 5%; 7,5%; dan 10% lalu SBR/Serat Tebu 112 $\mu$  dengan komposisi 2,5%; 5%; 7,5%; dan 10% kemudian SBR/Serat Tebu 80 $\mu$  dengan komposisi 2,5%; 5%; 7,5%; dan 10%. Namun pada seluruh spesimen yang terbentuk terdapat gelembung-gelembung udara yang disebabkan karena adanya gas yang terjebak di dalam spesimen yang pada kasus terparahnya menimbulkan *void* pada spesimen. Hal ini ditunjukkan pada Gambar 4.8 dan Gambar 4.9.



**Gambar 4.8** Gelembung pada Spesimen Uji Tarik



**Gambar 4.9** Void pada Spesimen Uji Tarik



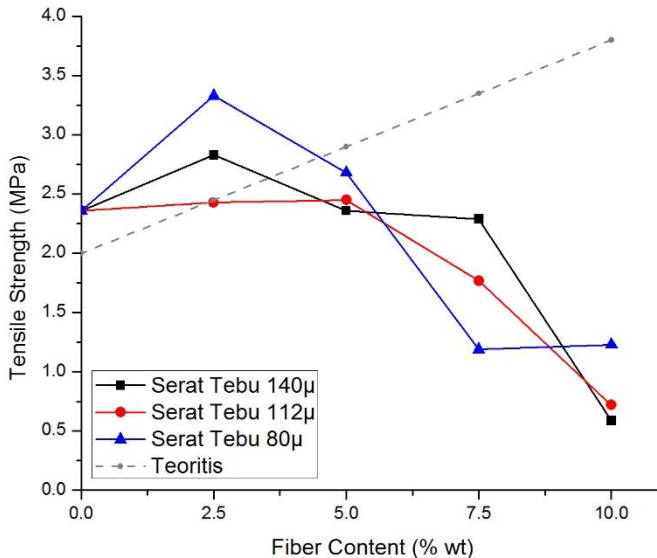
Gelembung dan void yang ada pada spesimen uji dapat mengakibatkan penurunan sifat mekanik dari komposit yang terbentuk sehingga hasil pencatatan sifat mekanik yang didapat tidaklah optimal.

#### 4.4.2 Hasil Pengujian Tarik

Pada pengujian ini didapat nilai beban maksimal, kekuatan tarik maksimal, dan *elongation*. Pengaruh variasi komposisi serta ukuran *filler* dapat dilihat pada Tabel 4.4 dan Gambar 4.11.

**Tabel 4.4** Nilai Kekuatan Tarik Komposit SBR/Serat Tebu

Sampel	Peak Load (N)	Tensile Strength (Mpa)	$\epsilon$
100% SBR	106.40	2.36	6.73
140 $\mu$ 2.5%	127.49	2.83	6.74
140 $\mu$ 5%	106.40	2.36	5.27
140 $\mu$ 7.5%	102.97	2.29	6.05
140 $\mu$ 10%	26.48	0.59	2.25
112 $\mu$ 2.5%	109.34	2.43	5.62
112 $\mu$ 5%	110.32	2.45	5.85
112 $\mu$ 7.5%	79.43	1.77	4.75
112 $\mu$ 10%	32.36	0.72	1.36
80 $\mu$ 2.5%	149.85	3.33	6.76
80 $\mu$ 5%	120.62	2.68	6.34
80 $\mu$ 7.5%	53.45	1.19	4.36
80 $\mu$ 10%	55.41	1.23	2.43



**Gambar 4.11** Nilai Kekuatan Tarik SBR/Serat Tebu

Dari pengujian yang telah dilakukan, didapatkan bahwa nilai *tensile strength* maksimal didapat pada ukuran *filler* 80μ dan komposisi 2,5%. Kemudian didapat tren pada seluruh ukuran *filler* bahwa penambahan komposisi sebesar 2,5% akan meningkatkan sifat mekanik, namun setelah penambahan komposisi 5%, seiring dengan penambahan komposisi lebih lanjut maka akan cenderung mengurangi sifat mekanik dari komposit yang terbentuk. Didapat komposisi *filler* sebesar 10% memiliki sifat mekanik yang paling buruk. Hal ini disebabkan karena jika terlalu banyak *filler* maka ikatan antara matriks dan *filler* akan memburuk dan campuran menjadi tidak homogen sehingga *filler* sulit untuk terdispersi secara merata pada matriks karena serat tebu memiliki kecenderungan kohesi yang besar.

Nilai kekuatan tarik dari suatu material komposit juga dapat diperkirakan dengan persamaan teoritis sesuai dengan persamaan 2.3. Tabel 4.5 menunjukkan perbandingan nilai kekuatan tarik antara perhitungan teoritis dengan hasil penelitian.



**Tabel 4.5** Perbandingan Nilai Kekuatan Tarik Teoritis dengan Eksperimen

<b>Sampel</b>	<b>Kekuatan Tarik Teoritis (Mpa)</b>	<b>Kekuatan Tarik Eksperimen (Mpa)</b>
100% SBR	2	2.36
140 $\mu$ 2.5%	2.45	2.83
140 $\mu$ 5%	2.9	2.36
140 $\mu$ 7.5%	3.35	2.29
140 $\mu$ 10%	3.8	0.59
112 $\mu$ 2.5%	2.45	2.43
112 $\mu$ 5%	2.9	2.45
112 $\mu$ 7.5%	3.35	1.77
112 $\mu$ 10%	3.8	0.72
80 $\mu$ 2.5%	2.45	3.33
80 $\mu$ 5%	2.9	2.68
80 $\mu$ 7.5%	3.35	1.19
80 $\mu$ 10%	3.8	1.23

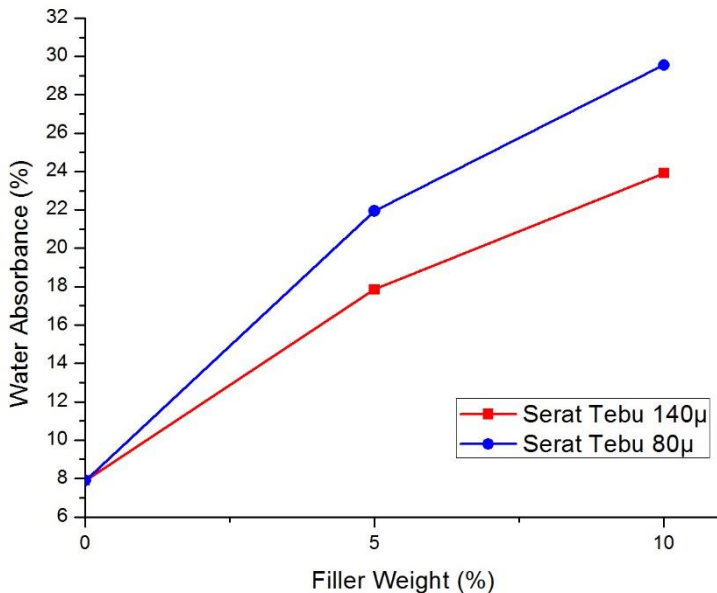
Hasil pengujian tarik komposit dengan komposisi dan ukuran tertentu yang diperoleh pada penelitian ini lebih baik dibandingkan dengan penelitian sebelumnya tentang SBR yang dilakukan Findik pada tahun 2004.

#### **4.5 Pengujian Daya Serap Air Komposit**

Pengujian daya serap air dilakukan untuk mengetahui nilai dari penyerapan air material komposit SBR/Serat Tebu. Dilakukan



penghitungan massa dari sampel 100% SBR, sampel SBR/Serat Tebu 80 $\mu$  dengan komposisi 5% dan 10%, serta sampel SBR/Serat Tebu 140 $\mu$  dengan komposisi 5% dan 10% sebelum dilakukan pengujian dan kemudian dilakukan penghitungan massa kembali setelah dilakukan pengujian pada sampel. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 4.5. Gambar 4.12 memperlihatkan grafik daya serap air setelah perendaman selama 96 jam.



**Gambar 4.12** Hasil Pengujian Daya Serap Air

Dalam semua ukuran *filler*, semakin besar komposisi serat tebu akan semakin meningkatkan daya serap air dari komposit. Penambahan serat tebu dengan ukuran 140 $\mu$  menunjukkan kemampuan serap air yang lebih rendah daripada serat tebu 80 $\mu$ . Dapat dilihat bahwa semakin kecil ukuran serat tebu akan meningkatkan kemampuan daya serap air. Namun perlu diingat bahwa daya serap air pada komposit *fibrous* bergantung pada



temperatur, pembebanan serat, orientasi, dsb (Vilay, 2008). Menurut Das dkk., pada awalnya air membasahi dinding sel dari serat tebu, kemudian air mengisi ruang kosong.

Kenaikan daya serap air dikarenakan sifat serat tebu yang hidrofilik. Struktur tebu yang mengandung selulosa hingga 40% mengakibatkan komposit dengan komposisi serat tebu lebih tinggi dapat menyerap air lebih banyak (Mawardi, 2009)

**Tabel 4.6** Hasil Pengujian Daya Serap Air

<b>Sampel</b>	<b>Daya Serap Air (%)</b>
100% SBR	7,89
140 $\mu$ 5%	21,95
140 $\mu$ 10%	29,54
80 $\mu$ 5%	17,85
80 $\mu$ 10%	23,91



---

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari analisa data dan pembahasan yang telah diuraikan pada BAB IV, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Penambahan Serat Tebu hingga 2,5% akan meningkatkan sifat mekanik dari komposit SBR/Serat Tebu, sementara penambahan komposisi di atas 2,5% akan menurunkan sifat mekanik dari komposit. Sehingga komposisi optimal untuk meningkatkan sifat mekanik dapat diraih dengan penambahan Serat Tebu dengan komposisi 2,5%.
2. Penggunaan serat tebu dengan ukuran yang semakin kecil akan semakin meningkatkan sifat mekanik dari komposit SBR/Serat Tebu. Sifat mekanik terbaik dapat diraih dengan penambahan Serat Tebu dengan ukuran 80 $\mu$ .

#### 5.2 Saran

1. Penelitian ini hanya sebagai awalan dalam pengembangan *flexible spokes* untuk *airless tyre* menggunakan komposit SBR/Serat Tebu. Oleh karena itu, diperlukan penelitian lebih lanjut agar didapatkan *flexible spokes* yang paling optimal untuk diaplikasikan.
2. Diperlukan proses tambahan pada *filler* sebelum dilakukan pencampuran dengan matriks berupa *surface treatment* pada *filler* agar didapat ikatan yang lebih baik antara matriks dan *filler* sehingga dapat semakin meningkatkan sifat mekanik komposit.
3. Diperlukan kondisi vakum dalam melakukan pencampuran dan pemanasan komposit agar tidak terjadi gelembung yang





dapat menurunkan sifat mekanik dari komposit yang terbentuk.

4. Diperlukan proses tambahan atau penambahan unsur lain seperti *additive* atau *bonding agent* agar ikatan yang terbentuk antara matriks dan *filler* menjadi lebih baik sehingga sifat mekanik komposit dapat meningkat.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arayapranee, W. Dkk. (2012) *Rubber Abrasion Resistance*. **Rangsit University**.
- Beyler, C. L. dkk. (2002). *Thermal Decomposition of Polymers*. **SFPE Handbook Volume 2**, pp. 111-131
- Bothe, A. (2008). *Resilient Tech Airless Tire Honeycomb Flexible Spokes*. **Diesel Progress North American Edition**.
- Callister, W. D. dan Rethwisch, D. G. (2010). *Materials Science and Engineering an Introduction*. 8th ed. USA: John Wiley & Sons, Inc.
- Campbell, F. C. (2004). *Manufacturing Processes for Advanced Composites*. UK: Elsevier Advanced Technology.
- Campbell, F. C. (2010). *Structural Composite Materials*. USA: ASM International.
- Chandel, A. K. dkk. (2014). *Multi-scale Structural and Chemical Analysis of Sugarcane Bagasse in the Process of Sequential Acid-Base Pretreatment and Ethanol Production by Scheffersomyces shehatae and Saccharomyces cerevisiae*. **Biotechnology for Biofuels Volume 7**, pp. 1-17.
- Chiu, S. H., Wicaksono, S. T. dkk. (2014). *Morphology and Properties of a Photopolymer/Clay Nanocomposite Prepared by a Rapid Prototyping System*. **Sci Eng Composite Material Volume 21**, pp. 205-210.
- Clemitsen, I. R. (2008). *Castable Polyurethane Elastomers*. USA: CRC Press.
- Continental AG. (2008). *Tyre Basics: Passenger Car Tyres*. Hannover: Continental AG
- Corrales, R. C. dkk. (2012). *Structural evaluation of sugar cane bagasse steam pretreated in the presence of CO<sub>2</sub> and SO<sub>2</sub>*. **Biotechnology for Biofuels Volume 5**, pp. 1-8.
- Dian, J. (2016). *Sintesis dan Karakteriasi Komposit Berpenguat Nanocellulose dari Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit*

*Bahan Akustik.* **Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.**

- Findik, F. dkk. (2004). *Investigation of mechanical and physical properties of several industrial rubbers.* **Materials and Design Volume 25**, pp. 269-276
- Gardiner, G. (2015). *Tires that never go flat*, diakses pada 17 Februari 2017, <<http://www.compositesworld.com/blog/post/tires-that-never-go-flat>>
- Hanlon, M. (2005). *The TWEEL – radical new wheel technology*, diakses pada 5 Februari 2017, <<http://newatlas.com/go/3603>>
- Harahap, R. N. (2011). *Kajian Eksperimental Karakteristik Material Akustik dari Campuran Serat Batang Kelapa Sawit Dan Polyurethane Dengan Metode Impedance Tube.* **Student Papers – Mechanical Engineering USU.**
- Khimi, R. (2015). *What are the scientific reasons behind the increase in mass during the TGA of a compound?*, diakses pada 19 Juli 2017, <[https://www.researchgate.net/post/What\\_are\\_the\\_scientific\\_reasons\\_behind\\_the\\_increase\\_in\\_mass\\_during\\_the\\_TGA\\_of\\_a\\_compound](https://www.researchgate.net/post/What_are_the_scientific_reasons_behind_the_increase_in_mass_during_the_TGA_of_a_compound)>
- Klempner D. dkk. (2004). *Handbook of Polymeric Foams and Foam Technology.* Munich: Hanser Publisher.
- Lindenmuth, B. E. dkk. (2006). *Mechanics of Pneumatic Tires.* USA: National Bureau Standard
- Manibaalan, C. dkk. (2013). *Static Analysis of Airless Tyres.* **International Journal of Scientific and Research Publications Volume 3**, pp. 1-4.
- Mawardi, I. (2009). *Mutu Papan Partikel dari Kayu Kelapa Sawit (KKS) Berbasis Perekat Polystyrene.* **Politeknik Negeri Lhokseumawe.**
- Mazumdar, S. K. (2002). *Composites Manufacturing: Materials, Product, and Process.* USA: CRC Press.

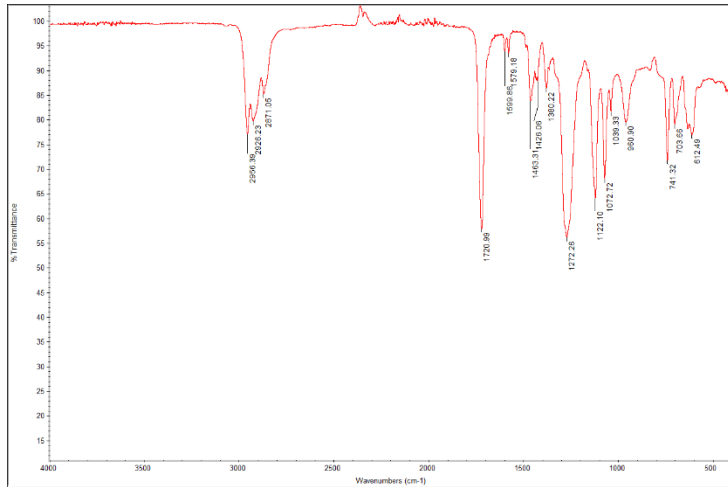
- Miracle, D. B. dkk. (2001). *ASM Handbook Volume 21: Composites*. USA: ASM International.
- Oleiw, J. K. dkk. (2011). *A Study of the Effect of Carbon Black Powder on The Physical Properties of SBR/NR Blends Used in Passenger Tire Tread*. **Baghdad University of Technology**.
- Oppon, C. (2015). *Effect of Varying Mixing Ratios and Pre-Heat Temperature on the Mechanical Properties of Polyurethane (PU) Foam*. **Procedia Engineering 132**.
- Orlov, A. S. dkk. (2013). *Determination of styrene-butadiene Rubber Composition by Attenuated Total Internal Reflection Infrared Spectroscopy*. **Journal of Applied Spectroscopy Volume 80**, pp. 47-52.
- Prasetya, A. R. (2016). *Pengaruh Maleic Anhydride Terhadap Sifat Mekanik, Stabilitas Termal, dan Konduktivitas Listrik Komposit Epoksi/Triethylamine/Maleic Anhydride/Grafit Sebagai Kandidat Pelapisan (Cat) Komposit Konduktif pada Pesawat Terbang*. **Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya**.
- Rohaeti, E. (2005). *Kajian Tentang Sintesis Poliuretan dan Karakterisasinya*. **Universitas Negeri Yogyakarta**.
- Samuel, S. dkk. (2015). *Modeling and Analysis of Non-Pneumatic Tyres with Hexagonal Honeycomb Spokes*. **International Journal on Recent Technologies in Mechanical and Electrical Engineering Volume 2**.
- Sekhar, G. dkk. (2014). *Airless Tire for Commercial Vehicles*. **International Journal of Analytical, Experimental and Finite Element Analysis Volume 1**, pp. 71-73.
- Singh, R. dkk. (2013). *Elastomeric Composite: Mechanical and Thermal Properties of Styrene Butadiene Rubber (SBR) Based on Carbon Black and Nanoclay*. **Journal of Information in Mechanical Engineering Volume 2**, pp. 515-521
- Suhag, A. dkk. (2013). *Static Analysis on Custom Polyurethane Spokes of Airless Tire*. **International Journal of**

- Scientific and Research Publications Volume 3**, pp. 1-4.
- Syakir, M. dan Indrawanto, C. dkk. (2010). *Budidaya dan Pasca Panen Tebu*. Jakarta: ESKA Media.
- Tohantoro, A. dkk. (2013). *Analisa Pengaruh dan Geometri Spoke Berbentuk Belah Ketupat pada Ban Tanpa Udara Terhadap Kekakuan Radial dan Lateral*. **Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya**.
- Umesh, G. C. dkk. (2016). *Design and Analysis of Non-Pneumatic Tyre (NPT) with Honeycomb Spokes Structure*. **Dr. Ambekar Institute of Technology India**.
- Vilay, V. dkk. (2008). *Effect of fiber surface treatment and fiber loading on the properties of bagasse fiber-reinforced unsaturated polyester composites*. **Composites Science and Technology Volume 68**, pp. 631-638
- Wang, Z. dan Qi, S. (2015). *Thermal Conductivity Improvement of Epoxy Composite Filled with Expanded Graphite*. **Elsevier Volume 41**, pp. 1351-13546
- Wirawan, R. dkk. (2010). *Elastic and viscoelastic properties of sugarcane bagasse-filler poly(vinyl chloride) composites*. **Thermal Anal Calorim Volume 103**, pp. 1047-1053
- Zhang, N. dkk. (2011). *Glycolysis of poly(ethylene terephthalate) (PET) using basic ionic liquids as catalysts*. **Polymer Degradation and Stability Volume 96**, pp. 399-403
- Zheng, Y. T. dkk. (2007). *Study on the interface modification of bagasse fibre and the mechanical properties of its composite with PVC*. **Composites: Part A Volume 38**, pp. 20-25

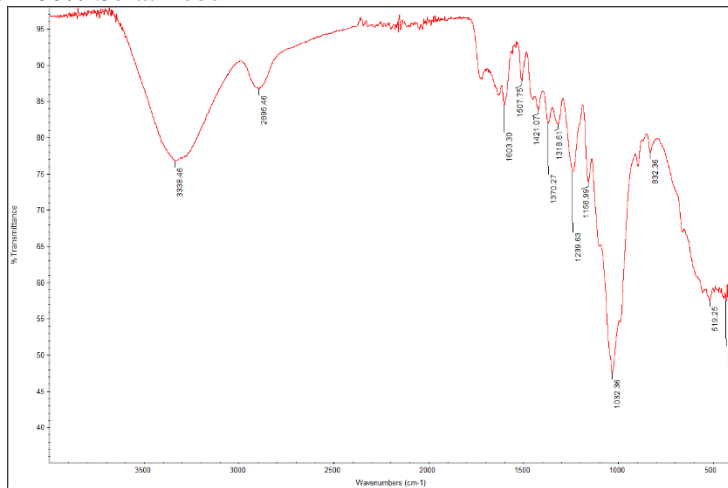
# LAMPIRAN

## Lampiran 1: Data Pengujian FTIR

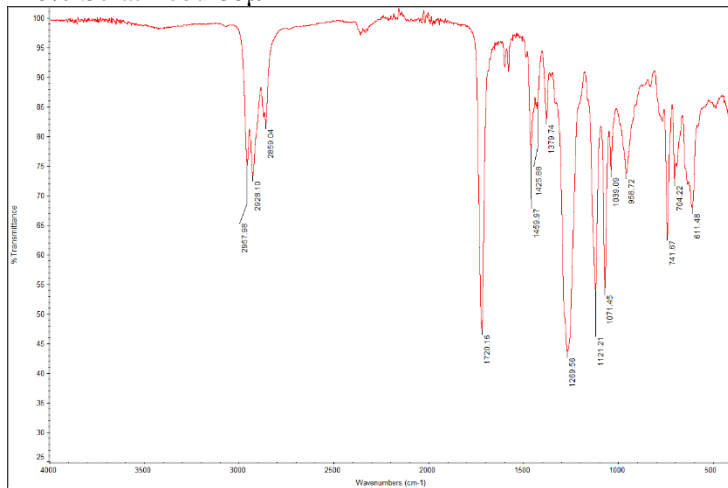
### a. 100% SBR



### b. 100% Serat Tebu

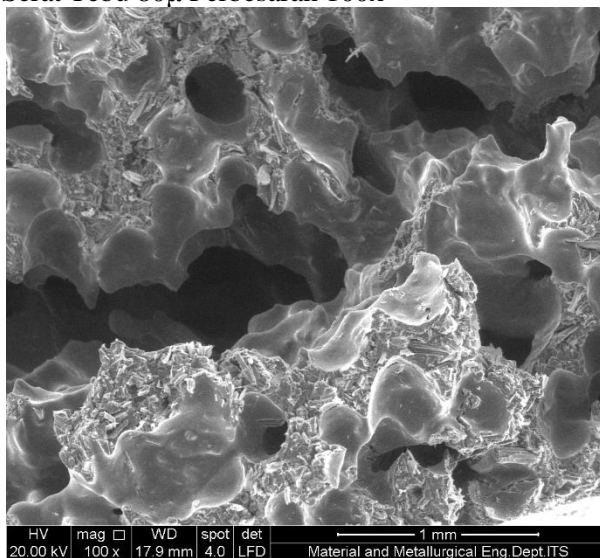


c. 10% Serat Tebu 80 $\mu$

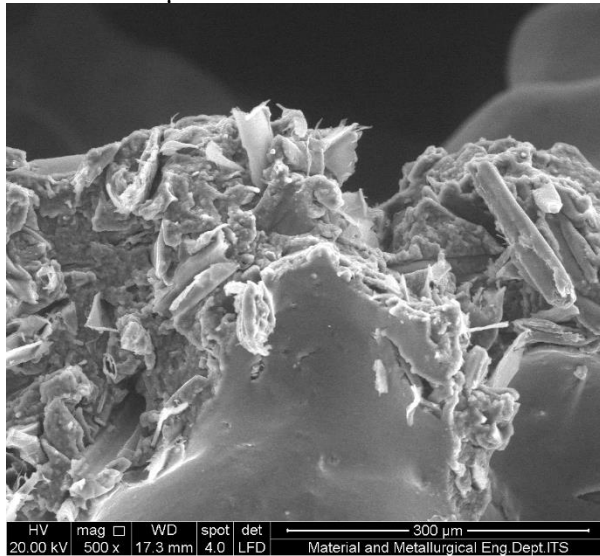


## Lampiran 2: Data Pengujian SEM

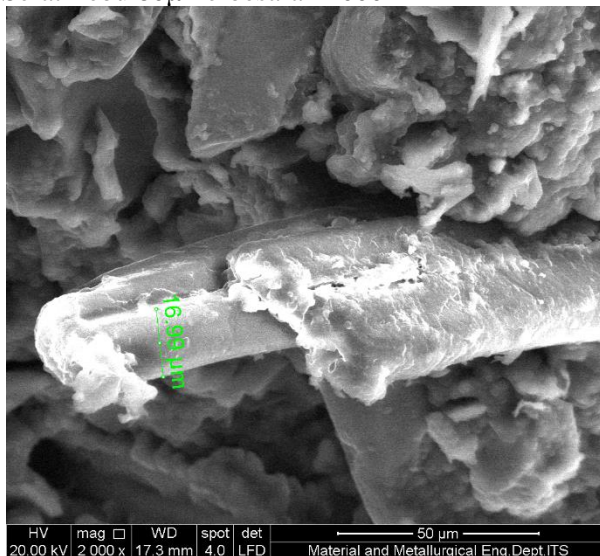
a. 5% Serat Tebu 80 $\mu$  Perbesaran 100x



b. 5% Serat Tebu 80 $\mu$  Perbesaran 500x

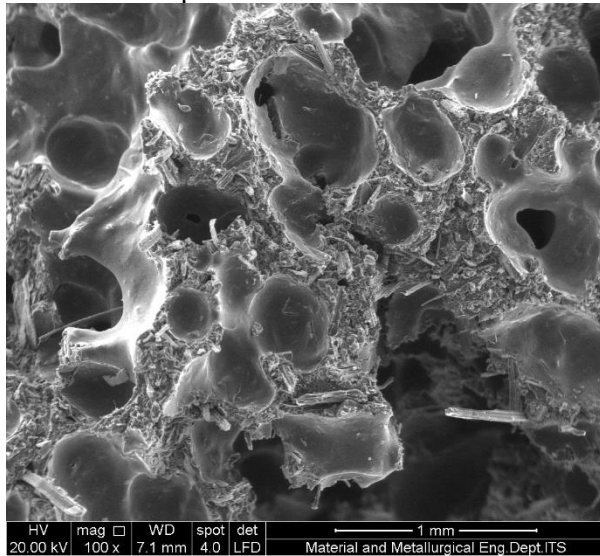


c. 5% Serat Tebu 80 $\mu$  Perbesaran 2000x

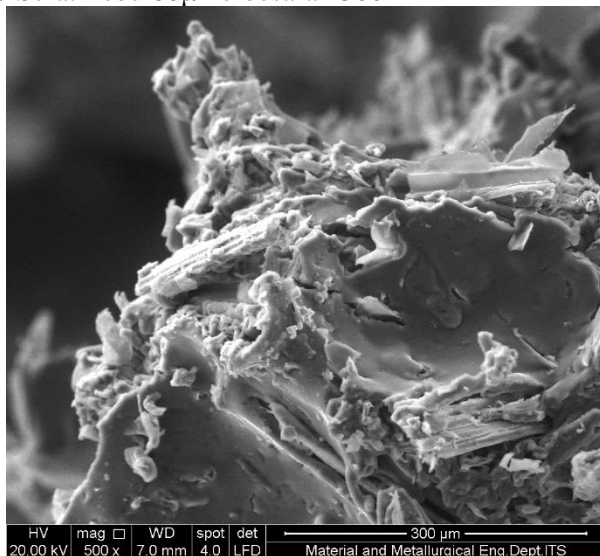




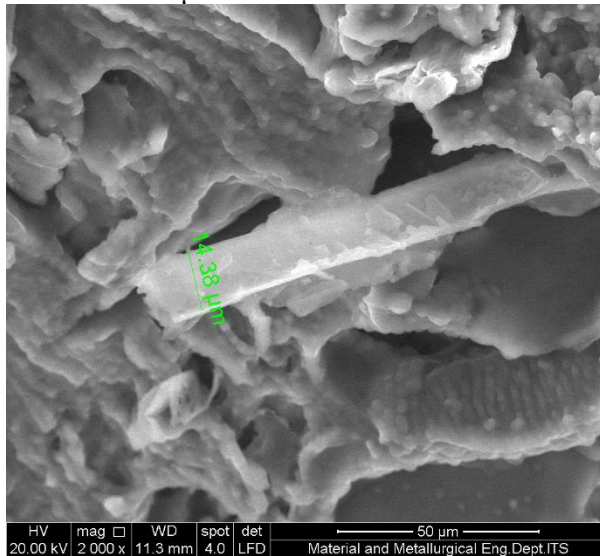
d. 10% Serat Tebu 80 $\mu$  Perbesaran 100x



e. 10% Serat Tebu 80 $\mu$  Perbesaran 500x

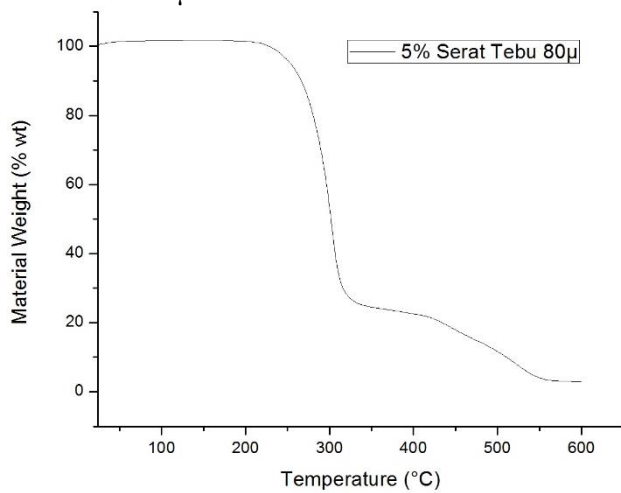


f. 10% Serat Tebu 80 $\mu$  Perbesaran 2000x

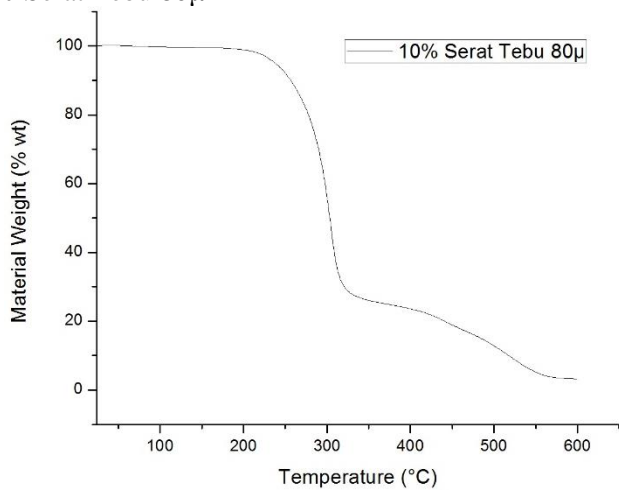


### Lampiran 3: Data Pengujian TGA

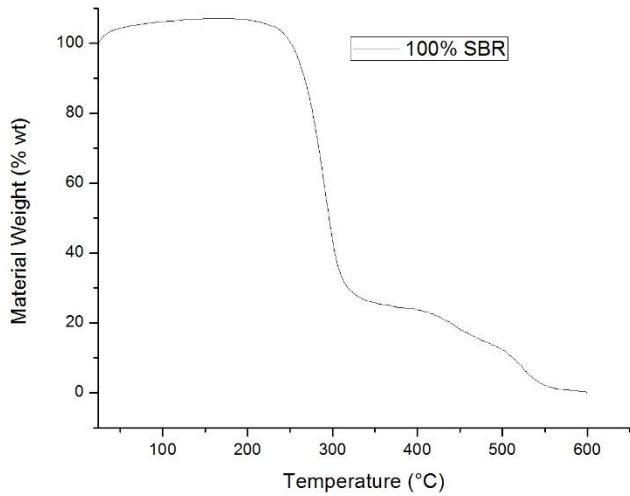
a. 5% Serat Tebu 80 $\mu$



b. 10% Serat Tebu 80 $\mu$



c. 100% SBR



Lampiran 4: Data Pengujian Hardness

Composition	Sample								
	140μ 2.5%	140μ 5%	140μ 7.5%	140μ 10%	80μ 2.5%	80μ 5%	80μ 7.5%	80μ 10%	100% SBR
Percent Composition ( % )									
SBR	97.50	95.00	92.50	90.00	97.50	95.00	92.50	90.00	100.00
Serat Tebu	2.50	5.00	7.50	10.00	2.50	5.00	7.50	10.00	0.00
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Result									
Hardness :	(HA)								
Hardness 1	43.00	40.00	44.00	39.00	51.00	42.00	46.00	43.00	40.00
Hardness 2	47.00	41.00	37.00	40.00	51.00	46.00	42.00	45.00	43.00
Hardness 3	45.00	47.00	41.00	38.00	49.00	45.00	41.00	42.00	44.00
Hardness Average	45.00	42.67	40.67	39.00	50.33	44.33	43.00	43.33	42.33

Lampiran 5: Data Pengujian Tensile

Composition	Sample												
	140μ 2.5%	140μ 5%	140μ 7.5%	140μ 10%	112μ 2.5%	112μ 5%	112μ 7.5%	112μ 10%	80μ 2.5%	80μ 5%	80μ 7.5%	80μ 10%	100% SBR
	Percent Composition ( % )												
Synthetic Rubber	97.50	95.00	92.50	90.00	97.50	95.00	92.50	90.00	97.50	95.00	92.50	90.00	100.00
Serat Tebu	2.50	5.00	7.50	10.00	2.50	5.00	7.50	10.00	2.50	5.00	7.50	10.00	0.00
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
	Mass ( gr )												
Synthetic Rubber	19.50	19.00	18.50	18.00	19.50	19.00	18.50	18.00	19.50	19.00	18.50	18.00	20.00
Serat Tebu	0.50	1.00	1.50	2.00	0.50	1.00	1.50	2.00	0.50	1.00	1.50	2.00	0.00
Total	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
	Tensile Test												
Load (Kgf)	13.000	10.850	10.500	2.700	11.150	11.250	8.100	3.300	15.280	12.300	5.450	5.650	10.850
Load (N)	127.486	106.402	102.970	26.478	109.344	110.325	79.434	32.362	149.846	120.622	53.446	55.408	106.402
Δ L (mm)	168.550	131.740	151.260	56.280	140.380	146.200	118.760	34.110	169.120	158.390	108.950	60.640	168.290
A (cm <sup>2</sup> )	0.450	0.450	0.450	0.450	0.450	0.450	0.450	0.450	0.450	0.450	0.450	0.450	0.450
A (mm <sup>2</sup> )	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000	45.000
L (mm)	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000
σ (Kgf/cm <sup>2</sup> )	28.889	24.111	23.333	6.000	24.778	25.000	18.000	7.333	33.956	27.333	12.111	12.556	24.111
σ (MPa)	2.833	2.364	2.288	0.588	2.430	2.452	1.765	0.719	3.330	2.680	1.188	1.231	2.364

Load (N) = Load (Kgf) x 9.80665

A = Luas Patahan

$\sigma$  (Mpa) =  $\frac{\text{Load (N)}}{A \text{ (mm}^2\text{)}}$

## BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Jakarta, 22 Juli 1995, merupakan anak pertama dari 3 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Islam Al-Azhar 19 Pamulang, SDI Al-Azhar 15 Pamulang, kemudian SMP Negeri 4 Tangerang Selatan dan SMA Negeri 2 Tangerang Selatan. Setelah lulus dari SMA penulis melanjutkan studinya di Departemen Teknik Material Institut Teknologi Sepuluh Nopember pada tahun 2013 terdaftar dengan NRP 2713100140. Di Teknik Material penulis memilih bidang Material Inovatif. Penulis pernah aktif sebagai staff perekonomian Mahasiswa Metalurgi dan Material se-Indonesia (PM3I) dan volunteer ITS International Office Divisi Workshop.

Penulis memiliki pengalaman kerja praktek di PT Pupuk Kaltim yang dilaksanakan pada Juli – Agustus 2016. Pada saat kerja praktek, penulis menulis laporan yang berjudul “*Studi Kasus Kebocoran Pipa 6US 22170 A1K0(TS) Unit Urea Pabrik 5 PT. Pupuk Kalimantan Timur*”. Penulis dapat dihubungi di 081246039734 atau email ke [afza.nurhakim@gmail.com](mailto:afza.nurhakim@gmail.com).